

(Translation)

**PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT**

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

Date of Application: January 31, 2001

Application Number: Patent Application No. 2001-023187 ✓

Applicant(s): OLYMPUS OPTICAL CO., LTD.

August 17, 2001

Commissioner,

Patent Office Kozo OIKAWA (seal)

Certificate No. 2001-3072691

2001-023187

[Name of Document] Patent Application

[Reference Number] 01P00107

[Filing Date] January 31, 2001

[Addressee] Commissioner, Patent Office

[Int.Pat. Classification] G02B 21/00

[Inventor]

 [Domicile or Dwelling] c/o OLYMPUS OPTICAL CO., LTD.
 43-2, Hatagaya 2-chome, Shibuya-ku, Tokyo

 [Name] Takayuki IDE

[Inventor]

 [Domicile or Dwelling] c/o OLYMPUS OPTICAL CO., LTD.
 43-2, Hatagaya 2-chome, Shibuya-ku, Tokyo

 [Name] Shinji KANEKO

[Patent Applicant]

 [Identification Number] 000000376

 [Name] OLYMPUS OPTICAL CO., LTD.

 [Representative] Masatoshi KISHIMOTO

[Agent]

 [Identification Number] 100065824

 [Name] Taiji SHINOHARA

[Nominated Agent]

 [Identification Number] 100104983

 [Name] Masayuki FUJINAKA

[Indication of Fee]

 [Prepayment Register Number] 017938

 [Prepaid Sum] ¥21,000

[List of Submitted Articles]

 [Name of Article] Specification 1

 [Name of Article] Drawings 1

2001-023187

[Name of Article]	Abstract	1
[Number of General Power of Attorney]		9709824
[Whether or not a Proof is Necessary]		Necessary

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 1月31日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-023187

出 願 人

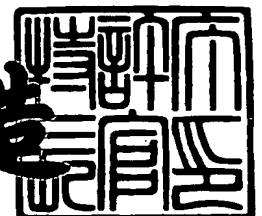
Applicant(s):

オリンパス光学工業株式会社

2001年 8月17日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



Inventors: IDE et al.
Filing Date: September 25, 2001
Attorney Docket: 283750

出証番号 出証特2001-3072691

【書類名】 特許願

【整理番号】 01P00107

【提出日】 平成13年 1月31日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 21/00

【発明者】

【住所又は居所】 東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号 オリンパス光学
工業株式会社内

【氏名】 井出 隆之

【発明者】

【住所又は居所】 東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号 オリンパス光学
工業株式会社内

【氏名】 金子 新二

【特許出願人】

【識別番号】 000000376

【氏名又は名称】 オリンパス光学工業株式会社

【代表者】 岸本 正壽

【代理人】

【識別番号】 100065824

【氏名又は名称】 篠原 泰司

【選任した代理人】

【識別番号】 100104983

【氏名又は名称】 藤中 雅之

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 017938

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9709824

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 変位検出機能を備えた可変形状鏡

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 静電引力によって変形する反射面と上部電極を有する可撓性薄膜と、該可撓性薄膜に対向して配置された制御電極と静電容量検出電極を備えた可変形状鏡において、前記上部電極と前記静電容量検出電極との間の静電容量から前記反射面の変位を算出し得るように構成したことを特徴とする変位検出機能を備えた可変形状鏡。

【請求項 2】 前記制御電極と前記静電容量検出電極とを兼用したことを特徴とする請求項 1 に記載の変位検出機能を備えた可変形状鏡。

【請求項 3】 前記制御電極と前記静電容量検出電極とを、同一層に別々に形成したことを特徴とする請求項 1 に記載の変位検出機能を備えた可変形状鏡。

【請求項 4】 前記制御電極と前記静電容量検出電極とを、異なる層に別々に形成したことを特徴とする請求項 1 に記載の変位検出機能を備えた可変形状鏡。

【請求項 5】 前記反射面を変形させる定電圧に、前記反射面の機械的共振周波数よりも遥に高い周波数を有する前記静電容量を検出するための高周波電圧を重ねると共に、前記上部電極の接地側に抵抗を接続して、該抵抗を介して流れる電流の位相と振幅から前記反射面の変位量を検出し得るようにしたことを特徴とする請求項 1 乃至 4 の何れかに記載の変位検出機能を備えた可変形状鏡。

【請求項 6】 前記の静電容量検出電極に前記反射面の機械的共振周波数よりも遥に高い周波数の高周波電圧を印加すると共に、前記上部電極の接地側に抵抗を接続して、該抵抗を介して流れる電流の位相と振幅から前記反射面の変位量を検出し得るようにしたことを特徴とする請求項 1 又は 3 又は 4 に記載の変位検出機能を備えた可変形状鏡。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、静電引力によって変形する反射面と上部電極を有する可撓性薄膜と、該可撓性薄膜に対向して配置された制御電極とを備えていて、該制御電極に印

加する電圧を制御することにより前記反射面を適宜変形させることが出来るように構成した可変形状鏡の反射面の変位検出機構に関する。

【0002】

【従来の技術】

この種の可変形状鏡は、特開平2-101402号公報等に関示されており、半導体製造技術を利用した所謂MEMS(Micro Electro-Mechanical System)技術を適用することにより、低コスト、高精度且つ超小型に製作することが出来るため、光ピックアップ等のマイクロオプティックスに適用される微小な光学系や小型の携帯機器などへの応用が期待されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、このような静電引力により形状を変化させる可変形状鏡においては、その変化量は両電極間に働く静電引力と可撓性薄膜の張力との釣り合いで決まるが、最適な形状に変化させるためには、高電圧（通常のICデバイス等に比較して高電圧であるという意味）を広範囲に亘って安定に制御する必要がある。特にこのような可変形状鏡を超小型の器機に適用する場合、電源としては電池などのように低容量低電圧のものしかない場合が多く、このような低容量低電圧源から高電圧源を作るのは圧電トランスなどの電圧変換素子の小型化に伴い容易に実現することは出来るものの、このような昇圧方法で高電圧を広範囲に亘って安定且つ高精度に制御することは、非常に困難である。

【0004】

本発明は、従来技術の有するこのような問題点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、可変形状鏡の反射面の変位を検出してこれをフィードバックすることにより、可変形状鏡の形状を高精度に制御することを可能にする可変形状鏡を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、本発明による変位検出機能を備えた可変形状鏡は、静電引力によって変形する反射面と上部電極を有する可撓性薄膜と、該可撓性薄

膜に対向して配置された制御電極と静電容量検出電極を備えた可変形状鏡において、前記上部電極と前記静電容量検出電極との間の静電容量から前記反射面の変位を算出し得るように構成したことを特徴としている。この構成により、非接触で変位が検出できるため可変形状鏡に影響を与えることがなく、しかも他に検出機構を設けることなく変位量を検出することが出来る。

本発明による変位検出機能を備えた可変形状鏡は、前記制御電極と前記静電容量検出電極とを兼用したことを特徴としている。この構成により、可変形状鏡の構造上何の変更を加えることなしに変位検出を行うことが出来る。

また、本発明による変位検出機能を備えた可変形状鏡は、前記制御電極と前記静電容量検出電極とを、同一層に別々に形成したことを特徴としている。この構成により、制御電極の形状に関係なく変位検出電極部の変位をピンポイントで検出することが出来る。

また、本発明による変位検出機能を備えた可変形状鏡は、前記制御電極と前記静電容量検出電極とを、異なる層に別々に形成したことを特徴としている。この構成により、可変反射鏡を変形させる定電圧と変位を検出する高周波電源とを別にすることが出来る。

また、本発明による変位検出機能を備えた可変形状鏡は、前記反射面を変形させる定電圧に、前記反射面の共振周波数よりも遥に高い周波数を有する前記静電容量を検出するための高周波電圧を重畳すると共に、前記上部電極の接地側に抵抗を接続して、該抵抗を介して流れる電流の位相と振幅から前記反射面の変位量を検出し得るようにしたことを特徴としている。この構成により、電圧印加電極と静電容量検出電極を兼用させることが出来る。

また、本発明による変位検出機能を備えた可変形状鏡は、前記の静電容量検出電極に前記反射面の共振周波数よりも遥に高い周波数の高周波電圧を印加すると共に、前記上部電極の接地側に抵抗を接続して、該抵抗を介して流れる電流の位相と振幅から前記反射面の変位量を検出し得るようにしたことを特徴としている。この構成により、高電圧制御回路と高周波電源を分離することが出来る。

【 0 0 0 6 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図示した実施例に基づき説明する。図 1 は本発明に係る可変形状鏡の第 1 実施例と静電容量検出回路を含む電子回路部を備えた、反射面兼上部電極を含む上部基板と電圧制御回路及び高周波重畳回路を含む電子回路部を備えた、静電容量検出電極を兼ねた制御電極を含む下部基板とを離間させて示した斜視図、図 2 は図 1 の II-II に沿う断面図、図 3 は上記電子回路部に備えられた電圧制御回路、高周波重畳回路及び静電容量検出回路と上部電極及び制御電極との相互の接続関係を略示したブロック図、図 4 は電圧制御回路の一例を示す配線図、図 5 は本発明に係る高周波重畳回路及び静電容量検出回路の上記一実施例の等価回路図である。

【 0 0 0 7 】

図 1 及び図 2 において、1 は制御電極 2 と電子回路部 3 と複数の外部リード電極 4 と絶縁膜 1' を備えた下部基板、5 は外部リード電極 7 と電子回路部 10 を備え、反射面兼上部電極 6 を含む可撓性薄膜 8 と該薄膜 8 を図 2 に示す如く支持する上部基板である。図 3 において、9 は高電圧源 9a とリファレンス電圧 9b とを備えていて制御電極 2 に印加される定電圧 10a を制御する電圧制御回路、10 は定電圧 10a と高周波電源 10b とを備えていて定電圧 10a に静電容量を検出する高周波を重畳する高周波重畳回路、6A は制御電極 2 と上部電極 6 との間の静電容量の変化を検出する静電容量検出回路である。なお、上記下部基板、上部基板、電圧制御回路、高周波重畳回路及び静電容量検出回路は何れも周知の半導体製造技術を利用して製作され、電圧制御回路及び高周波重畳回路は同技術を用いて電子回路部 3 にまとめて下部基板 1 と一体に製作され、静電容量検出回路は同技術を用いて電子回路部 10 に上部基板 5 と一体に製作され得る。

【 0 0 0 8 】

図 4 において、9A は高電圧源 9a に接続されていて負荷抵抗 R2 及び R3 に流れる制御電流 I_s を制御する制御素子、9B は制御素子 9A の駆動電流 I_d を制御する駆動素子、9C は + 端子 9c に印加されるリファレンス電圧 V_{ref} と - 端子に印加される出力電圧 V_{out} を負荷抵抗 R2 及び R3 で分圧して得られるモニター電圧 V_m とを入力として駆動素子 9B の駆動量を制御する差動増幅器である。図 5 において、10 は高周波重畳回路の等価回路である。また、6b は + 電極が接地され - 電極が抵抗

R4を介して上部電極6に接続された差動増幅器である。これら抵抗R4、R5および増幅器6bにより電流－電圧変換がなされ、静電容量検出出力端6aからは電圧が出力される。

【0009】

次に、上記装置の作用を説明する。図1及び2を参照して、高電圧源9aは100ボルト程度の定電圧源であり、リファレンス電圧(Vref)9bは5ボルト程度の可変電圧であって、これらの電圧は外部リード電極4に印加され、電圧制御回路9へ供給される。そして、この電圧制御回路9からリファレンス電圧Vrefに対応して制御された高電圧10aに高周波電源10bが重畳され制御電極2に印加され、上部電極6との間に生じる静電引力により反射面の形状が変化する。また、リファレンス電圧Vrefを変えることにより上部電極及び反射面6の変形量(変位量)を制御することが出来る。また、高周波を上部電極及び反射面の機械的共振周波数よりも遥かに高い周波数にすることで重畳された高周波は変形量(変位量)に対して何ら影響を与えない。

【0010】

この場合、制御電極2と上部電極6はコンデンサと等価になり、これら両電極間には、高周波重畳回路10により高電圧10aに反射面の機械的共振周波数よりも遥に高い周波数の高周波電源10bが重畳され印加されているため電流が流れる。また、上部電極6は抵抗R4を通して接地されているのと等価になる。つまり、制御電極2と上部電極6からなるコンデンサと抵抗R4の直列回路となるので、コンデンサの静電容量が変化すると抵抗R4を流れる電流の振幅および位相が変化する。換言すると、この電流の振幅変化や位相変化から制御電極2と上部電極6との間の静電容量を知ることが出来る。この静電容量は制御電極2と上部電極6との間の距離に反比例するので、結局は両電極間の距離即ち反射面の変位を検出できる結果となる。従って、静電容量検出回路6Aの静電容量検出出力6aで検出された静電容量の変化量から反射面6の変形量(変位量)を算出することができ、延いては変形した反射面6の形状を常時モニターすることが可能となる。

【0011】

この実施例によれば、非接触状態で反射面単体の変位を検出することが出来る

ので、反射面の形状に何らの影響も及ぼさないという利点がある。また、反射面側に付加的な構成をとる必要がないので、反射面に歪みなどを生じさせる心配はない。更に、レーザ変位計やインピーダンス変調型の検出器等他の検出器を用いる必要がなく、廉価に製作することが出来る。また、変位を反射像等から検出する場合は反射像を取得しそれを解析するために他に検出機構を設けなければならないが、本発明実施例によれば、可変形状鏡単体で検出することができる。

【 0 0 1 2 】

また、この実施例によれば、制御電極と静電容量（変位）検出電極とが兼用されているから、可変形状鏡の構造を変更することなく検出を行うことができ、更に、反射面を変形させるための定電圧に静電容量を検出するための高周波電圧を重ねさせ、上部電極兼反射面側で抵抗を通して電流をモニターし、且つ電流の位相及び振幅により上部電極と制御電極との間の静電容量即ち反射面の変位を検出するようにしているから、装置全体を簡素に構成することが出来る。

【 0 0 1 3 】

図 6 乃至図 8 は本発明の第 2 実施例を示しており、図 6 (a) は下部基板の平面図、図 6 (b) は図 6 (a) の VI-VI 線断面図、図 7 は定電圧と高周波電源を一体に構成した場合の各要素の接続を示す等価回路図、図 8 は定電圧と高周波電源を別体に構成した場合の各要素の接続を示す等価回路図である。図において、上記実施例と実質上同一の構成要素には同一符号を付し、それらについての説明は省略されている。

【 0 0 1 4 】

この実施例は、図示の如く下部基板 1 上に絶縁膜 1' を介して制御電極 2 と静電容量検出電極 2' とが別々に同一層に形成されていて、定電圧 10a と高周波電源 10b とが一体に構成されている（図 7）か、定電圧 10a と高周波電源 10b とが別体に構成されている（図 8）点で、第 1 実施例と異なる。作用は、第 1 実施例の場合と同様であるので、説明を省略する。この実施例によれば、静電容量検出電極 2' を 1 つのみ形成することで制御電極 2 の形状に関係なく静電容量検出電極 2' 位置の変位をピンポイントで検出することが出来る。また、静電容量検出電極 2' を複数形成し、順次高周波を印加することで複数の位置の変位を

ピンポイントで検出することが出来るという利点がある。また、図 8 のように高電圧と高周波電源を別々に構成することで、高周波重畳回路を省略することができ、より簡単な構成となる。

【 0 0 1 5 】

図 9 及び図 1 0 は本発明の第 3 実施例を示しており、図 9 (a) は下部基板の平面図、図 9 (b) は図 9 (a) の IX-IX 線断面図、図 1 0 は各要素の接続を示す等価回路図である。図 9 及び図 1 0 において、既述の実施例と実質上同一の構成要素には同一符号を付し、それらについての説明は省略されている。

【 0 0 1 6 】

この実施例は、図 9 (b) に示す如く下部基板 1 上に絶縁膜 1 ' を介して制御電極 2 と静電容量検出電極 2 ' とが別々に違う層に形成されていて、定電圧 1 0 a と高周波電源 1 0 b とが別に構成されて並列に接続されている (図 1 0) 点で、既述の何れの実施例とも異なる。この実施例では、可変形状鏡を構成する制御電極に抵抗を介して高電圧が印加されているため、静電容量検出電極 2 ' に高周波電圧が印加されると制御電極の電位が変化する。この変化が上部電極を通して静電容量検出回路で電流変化としてモニターされる。この電流の位相及び振幅により静電容量即ち反射面の変位が検出される。この実施例によれば、反射面を変形させるための定電圧と静電容量を検出するための高周波電源を別に構成しているので、高電圧の制御回路と静電容量検出回路とを分離することができるため、高周波重畳回路を省略することができ、より簡単な構成となり、回路配置の自由度が増すという利点がある。

【 0 0 1 7 】

次に、本発明に係る反射面の検出装置を適用し得る可変形状鏡の各種構成例について説明する。

【 0 0 1 8 】

図 1 1 は本発明を適用し得る可変形状鏡の他の例を用いたデジタルカメラのケプラー式ファインダーの概略構成図である。もちろん、この可変形状鏡は銀塩フィルムカメラにも使える。まず、この可変形状鏡 1 1 について説明する。

【 0 0 1 9 】

可変形状鏡 1 1 は、アルミコーティングされた薄膜（反射面） 1 1 a と複数の電極 1 1 b からなる光学特性可変形状鏡（以下、単に可変形状鏡と言う）であり、1 2 は各電極 1 1 b にそれぞれ接続された複数の可変抵抗器、1 3 は可変抵抗器 1 4 と電源スイッチ 1 5 を介して薄膜 1 1 a と電極 1 1 b 間に接続された電源、1 6 は複数の可変抵抗器 1 2 の抵抗値を制御するための演算装置、1 7, 1 8 及び 1 9 はそれぞれ演算装置 1 6 に接続された温度センサー、湿度センサー及び距離センサーで、これらは図示のように配設されて 1 つの光学装置を構成している。

【 0 0 2 0 】

なお、対物レンズ 2 0、接眼レンズ 2 1、プリズム 2 2、二等辺直角プリズム 2 3、ミラー 2 4 及び可変形状鏡 1 1 の各面は、平面でなくてもよく、球面、回転対称非球面の他、光軸に対して偏心した球面、平面、回転対称非球面、あるいは、対称面を有する非球面、対称面を 1 つだけ有する非球面、対称面のない非球面、自由曲面、微分不可能な点又は線を有する面等、いかなる形状をしていてもよく、さらに、反射面でも屈折面でも光に何らかの影響を与え得る面ならばよい。以下、これらの面を総称して拡張曲面という。

【 0 0 2 1 】

また、薄膜 1 1 a は、例えば、P.Rai-choudhury編、Handbook of Microlithography, Micromachining and Microfabrication, Volume 2: Micromachining and Microfabrication, P495, Fig. 8.58, SPIE PRESS 刊や Optics Communication, 140 巻（1997 年）P187～190 に記載されているメンブレインミラーのように、複数の電極 1 1 b との間に電圧が印加されると、静電気力により薄膜 1 1 a が変形してその面形状が変化するようになっており、これにより、観察者の視度に合わせたピント調整ができるだけでなく、さらに、レンズ 2 1, 2 0 及び／又はプリズム 2 2、二等辺直角プリズム 2 3、ミラー 2 4 の温度や湿度変化による変形や屈折率の変化、あるいは、レンズ枠の伸縮や変形及び光学素子、枠等の部品の組立誤差による結像性能の低下が抑制され、常に適正にピント調整並びにピント調整で生じた収差の補正が行われ得る。

なお、電極 1 1 b の形は、例えば図 1 3, 1 4 に示すように、薄膜 1 1 a の変

形のさせ方に応じて選べばよい。

【 0 0 2 2 】

本例によれば、物体からの光は、対物レンズ 2 0 及びプリズム 2 2 の各入射面と射出面で屈折され、可変形状鏡 1 1 で反射され、プリズム 2 2 を透過して、二等辺直角プリズム 2 3 でさらに反射され（図 1 1 中、光路中の＋印は、紙面の裏側へ向かって光線が進むことを示している）、ミラー 2 4 で反射され、接眼レンズ 2 1 を介して眼に入射するようになっている。このように、レンズ 2 1, 2 0、プリズム 2 2, 2 3、及び可変形状鏡 1 1 によって、本例の光学装置の観察光学系を構成しており、これらの各光学素子の面形状と肉厚を最適化することにより、物体面の収差を最小にすることができるようになっている。

【 0 0 2 3 】

すなわち、反射面としての薄膜 1 1 a の形状は、結像性能が最適になるように演算装置 1 6 からの信号により各可変抵抗器 1 4 の抵抗値を変化させることにより制御される。すなわち、演算装置 1 6 へ、温度センサー 1 7、湿度センサー 1 8 及び距離センサー 1 9 から周囲温度及び湿度並びに物体までの距離に応じた大きさの信号が入力され、演算装置 1 6 は、これらの入力信号に基づき周囲の温度及び湿度条件と物体までの距離による結像性能の低下を補償すべく、薄膜 1 1 a の形状が決定されるような電圧を電極 1 1 b に印加するように、可変抵抗器 1 4 の抵抗値を決定するための信号を出力する。このように、薄膜 1 1 a は電極 1 1 b に印加される電圧すなわち静電気力で変形させられるため、その形状は状況により非球面を含む様々な形状をとり、印加される電圧の極性を変えれば凸面とすることもできる。なお、距離センサー 1 9 はなくてもよく、その場合、固体撮像素子 2 5 からの像の信号の高周波成分が略最大になるように、デジタルカメラの撮像レンズ 2 6 を動かし、その位置から逆に物体距離を算出し、可変形状鏡を変形させて観察者の眼にピントが合うようにすればよい。

【 0 0 2 4 】

また、薄膜 1 1 a をポリイミド等の合成樹脂で製作すれば、低電圧でも大きな変形が可能であるので好都合である。なお、プリズム 2 2 と可変形状鏡 1 1 を一体的に形成してユニット化することができる。

【 0 0 2 5 】

また、図示を省略したが、可変形状鏡 1 1 の基板上に固体撮像素子 2 5 をリソグラフィプロセスにより一体的に形成してもよい。

【 0 0 2 6 】

また、レンズ 2 1, 2 0、プリズム 2 2, 2 3、ミラー 2 4 は、プラスチックモールド等で形成することにより任意の所望形状の曲面を容易に形成することができ、製作も簡単である。なお、本例の撮像装置では、レンズ 2 1, 2 0 がプリズム 2 2 から離れて形成されているが、レンズ 2 1, 2 0 を設けることなく収差を除去することができるようにプリズム 2 2, 2 3、ミラー 2 4、可変形状鏡 1 1 を設計すれば、プリズム 2 2, 2 3、可変形状鏡 1 1 は 1 つの光学ブロックとなり、組立が容易となる。また、レンズ 2 1, 2 0、プリズム 2 2, 2 3、ミラー 2 4 の一部あるいは全部をガラスで作製してもよく、このように構成すれば、さらに精度の良い撮像装置が得られる。

【 0 0 2 7 】

なお、図 1 1 の例では、演算装置 1 6、温度センサー 1 7、湿度センサー 1 8、距離センサー 1 9 を設け、温湿度変化、物体距離の変化等も可変形状鏡 1 1 で補償するようにしたが、そうではなくてもよい。つまり、演算装置 1 6、温度センサー 1 7、湿度センサー 1 8、距離センサー 1 9 を省き、観察者の視度変化のみを可変形状鏡 1 1 で補正するようにしてもよい。

【 0 0 2 8 】

次に、可変形状鏡 1 1 の別の構成について述べる。

【 0 0 2 9 】

図 1 2 は本発明を適用し得る可変形状鏡 1 1 の他の例を示しており、この例では、薄膜 1 1 a と電極 1 1 b との間に圧電素子 1 1 c が介装されていて、これらが支持台 2 7 上に設けられている。そして、圧電素子 1 1 c に加わる電圧を各電極 1 1 b 毎に変えることにより、圧電素子 1 1 c に部分的に異なる伸縮を生じさせて、薄膜 1 1 a の形状を変えることができるようになっている。電極 1 1 b の形は、図 1 3 に示すように、同心分割であってもよいし、図 1 4 に示すように、矩形分割であってもよく、その他、適宜の形のものを選択することができる。図

12中、28は演算装置16に接続された振れ（ブレ）センサーであって、例えばデジタルカメラの振れを検知し、振れによる像の乱れを補償するように薄膜11aを変形させるべく、演算装置16及び可変抵抗器12を介して電極11bに印加される電圧を変化させる。このとき、温度センサー17、湿度センサー18及び距離センサー19からの信号も同時に考慮され、ピント合わせ、温湿度補償等が行われる。この場合、薄膜11aには圧電素子11cの変形に伴う応力が加わるので、薄膜11aの厚さはある程度厚めに作られて相応の強度を持たせるようにするのが良い。

【0030】

図15は本発明を適用し得る可変形状鏡11の更に他の実施例を示している。この例は、薄膜11aと電極11bの間に介置される圧電素子が逆方向の圧電特性を持つ材料で作られた2枚の圧電素子11c及び11c'で構成されている点で、図12に示された例とは異なる。すなわち、圧電素子11cと11c'が強誘電性結晶で作られているとすれば、結晶軸の向きが互いに逆になるように配置される。この場合、圧電素子11cと11c'は電圧が印加されると逆方向に伸縮するので、薄膜11aを変形させる力が図12に示した例の場合よりも強くなり、結果的にミラー表面の形を大きく変えることができるという利点がある。

【0031】

圧電素子11c、11c'に用いる材料としては、例えばチタン酸バリウム、ロッシェル塩、水晶、電気石、リン酸二水素カリウム（KDP）、リン酸二水素アンモニウム（ADP）、ニオブ酸リチウム等の圧電物質、同物質の多結晶体、同物質の結晶、 PbZrO_3 と PbTiO_3 の固溶体の圧電セラミックス、二フッ化ポリビニール（PVDF）等の有機圧電物質、上記以外の強誘電体等があり、特に有機圧電物質はヤング率が小さく、低電圧でも大きな変形が可能であるので、好ましい。なお、これらの圧電素子を利用する場合、厚さを不均一にすれば、上記の例において薄膜11aの形状を適切に変形させることも可能である。

【0032】

また、圧電素子11c、11c'の材質としては、ポリウレタン、シリコンゴム、アクリルエラストマー、PZT、PLZT、ポリフッ化ビニリデン（PVD

F) 等の高分子圧電体、シアン化ビニリデン共重合体、ビニリデンフルオライドとトリフルオロエチレンの共重合体等が用いられる。

圧電性を有する有機材料や、圧電性を有する合成樹脂、圧電性を有するエラストマー等を用いると可変形状鏡面の大きな変形が実現できてよい。

【0033】

なお、図12、16の圧電素子11cに電歪材料、例えば、アクリルエラストマー、シリコンゴム等を用いる場合には、図12に破線で示すように、圧電素子11cを別の基板11c-1と電歪材料11c-2を貼り合わせた構造にしてもよい。

【0034】

図16は本発明を適用し得る可変形状鏡11の更に他の例を示している。この例では、圧電素子11cが薄膜11aと電極11dとにより挟持され、薄膜11aと電極11d間に演算装置16により制御される駆動回路29を介して電圧が印加されるようになっており、さらにこれとは別に、支持台27上に設けられた電極11bにも演算装置16により制御される駆動回路29を介して電圧が印加されるように構成されている。したがって、この例では、薄膜11aは電極11dとの間に印加される電圧と電極11bに印加される電圧による静電気力とにより二重に変形され得、上記の例に示した何れのものよりもより多くの変形パターンが可能であり、かつ、応答性も速いという利点がある。

【0035】

そして、薄膜11a、電極11d間の電圧の符号を変えれば、可変形状鏡を凸面にも凹面にも変形させることができる。その場合、大きな変形を圧電効果で行ない、微細な形状変化を静電気力で行なうようにしてもよい。また、凸面の変形には圧電効果を主に用い、凹面の変形には静電気力を主に用いるようにしてもよい。なお、電極11dは電極11bのように複数の電極から構成されてもよい。この様子を図16に示した。なお、ここでは、圧電効果と電歪効果、電歪をすべてまとめて圧電効果と述べている。従って、電歪材料も圧電材料に含むものとする。

【0036】

図 1 7 は本発明を適用し得る可変形状鏡 1 1 の更に他の例を示している。この例は、電磁気力を利用して反射面の形状を変化させ得るようにしたもので、支持台 2 7 の内部底面上には永久磁石 3 0 が、頂面上には窒化シリコン又はポリイミド等からなる基板 1 1 e の周縁部が載置固定されており、基板 1 1 e の表面にはアルミニウム等の金属コートで作られた薄膜 1 1 a が付設されていて、可変形状鏡 1 1 を構成している。基板 1 1 e の下面には複数のコイル 3 1 が配設されており、これらのコイル 3 1 はそれぞれ駆動回路 3 2 を介して演算装置 1 6 に接続されている。したがって、各センサー 1 7, 1 8, 1 9, 2 8 からの信号によって演算装置 1 6 において求められる光学系の変化に対応した演算装置 1 6 からの出力信号により、各駆動回路 3 2 から各コイル 3 1 にそれぞれ適当な電流が供給されると、永久磁石 3 0 との間に働く電磁気力で各コイル 3 1 は反発又は吸着され、基板 1 1 e 及び薄膜 1 1 a を変形させる。

【 0 0 3 7 】

この場合、各コイル 3 1 はそれぞれ異なる量の電流を流すようにすることもできる。また、コイル 3 1 は 1 個でもよいし、永久磁石 3 0 を基板 1 1 e に付設しコイル 3 1 を支持台 2 7 の内部底面側に設けるようにしても良い。また、コイル 3 1 はリソグラフィー等の手法で作るとよく、さらに、コイル 3 1 には強磁性体よりなる鉄心を入れるようにしてもよい。

【 0 0 3 8 】

この場合、薄膜コイル 3 1 の巻密度を、図 1 8 に示すように、場所によって変化させることにより、基板 1 1 e 及び薄膜 1 1 a に所望の変形を与えるようにすることもできる。また、コイル 3 1 は 1 個でも良いし、また、これらのコイル 3 1 には強磁性体よりなる鉄心を挿入しても良い。

【 0 0 3 9 】

図 1 9 は本発明を適用し得る可変形状鏡 1 1 の更に他の例を示している。この例では、基板 1 1 e は鉄等の強磁性体で作られており、反射膜としての薄膜 1 1 a はアルミニウム等からなっている。この場合、薄膜コイルを設けなくても済むから、構造が簡単で、製造コストを低減することが出来る。また、電源スイッチ 1 5 を切換え兼電源開閉用スイッチに置換すれば、コイル 3 1 に流れる電流の方

向を変えることができ、基板 1 1 e 及び薄膜 1 1 a の形状を自由に変えることができる。図 2 0 はこの実施例におけるコイル 3 1 の配置を示し、図 2 1 はコイル 3 1 の他の配置例を示しているが、これらの配置は、図 1 7 に示した実施例にも適用することができる。なお、図 2 2 は、図 1 7 に示した例において、コイル 3 1 の配置を図 2 1 に示したようにした場合に適する永久磁石 3 0 の配置を示している。すなわち、図 2 2 に示すように、永久磁石 3 0 を放射状に配置すれば、図 1 7 に示した例に比べて、微妙な変形を基板 1 1 e 及び薄膜 1 1 a に与えることができる。また、このように電磁気力を用いて基板 1 1 e 及び薄膜 1 1 a を変形させる場合（図 1 1 及び図 1 9 の例）は、静電気力を用いた場合よりも低電圧で駆動できるという利点がある。

【 0 0 4 0 】

以上いくつかの可変形状鏡の例を述べたが、反射面の形を変形させるのに、図 1 6 の例に示すように、2 種類以上の力を用いるようにしてもよい。つまり静電気力、電磁力、圧電効果、磁歪、流体の圧力、電場、磁場、温度変化、電磁波等のうちから 2 つ以上を同時に用いて可変形状鏡の反射面を変形させても良い。つまり 2 つ以上の異なる駆動方法を用いて光学特性可変光学素子を作れば、大きな変形と微細な変形とを同時に実現でき、精度の良い鏡面が実現できる。

【 0 0 4 1 】

図 2 3 は、本発明を適用し得る可変形状鏡 1 1 の更に他の例を用いた撮像系、例えば携帯電話のデジタルカメラ、カプセル内視鏡、電子内視鏡、パソコン用デジタルカメラ、PDA 用デジタルカメラ等に用いられる撮像系の概略構成を示している。

この撮像系は、可変形状鏡 1 1 と、レンズ 2 0 と、固体撮像素子 2 5 と、制御系 3 2 とで一つの撮像ユニット 3 3 を構成している。この撮像ユニット 3 3 では、レンズ 2 0 を通った物体からの光は可変形状鏡 1 1 で集光され、固体撮像素子 2 5 の上に結像する。可変形状鏡 1 1 は、光学特性可変光学素子の一種であり、可変焦点ミラーとも呼ばれている。

【 0 0 4 2 】

この例によれば、物体距離が変わっても可変形状鏡 1 1 を変形させることでピ

ント合わせをすることができ、レンズをモータ等で駆動する必要がなく、小型化、軽量化、低消費電力化の点で優れている。また、この撮像ユニット 3 3 は撮像系としてすべての例で用いることができる。また、可変形状鏡 1 1 を複数用いることでズーム、変倍の撮像系、光学系を作ることができる。

なお、図 2 3 では、制御系 3 2 にコイルを用いたトランスの昇圧回路を含む制御系の構成例を示している。特に積層型圧電トランスを用いると、小型化できてよい。昇圧回路は全ての電気を用いる可変形状鏡、可変焦点レンズに用いることができるが、特に静電気力、圧電効果を用いる場合の可変形状鏡、可変焦点レンズに有用である。

【 0 0 4 3 】

図 2 4 は本発明を適用し得る可変形状鏡の更に他の例に係る、マイクロポンプ 3 4 で流体 3 5 を出し入れし、レンズ面を変形させる可変形状鏡 3 6 の概略構成図である。この例によれば、レンズ面を大きく変形させることが可能になるというメリットがある。

マイクロポンプ 3 4 は、例えば、マイクロマシンの技術で作られた小型のポンプで、電力で動くように構成されている。流体 3 5 は、反射膜 3 7 と基板との間に挟まれている。3 8 は液溜である。

マイクロマシンの技術で作られたポンプの例としては、熱変形を利用したもの、圧電材料を用いたもの、静電気力を用いたものなどがある。

【 0 0 4 4 】

図 2 5 はマイクロポンプ 3 4 の一構成例を示す概略図である。このマイクロポンプ 4 3 では、振動板 3 9 は静電気力、圧電効果等の電気力により振動する。図 2 5 では静電気力により振動する例を示しており、図中、4 0、4 1 は電極である。また、点線は変形した時の振動板 3 9 を示している。振動板 3 9 の振動に伴い、2 つの弁 4 2、4 3 が開閉し、流体 3 5 を右から左へ送るようになっている。

【 0 0 4 5 】

本例の可変形状鏡 3 6 では、反射膜 3 7 が流体 3 5 の量に応じて凹凸に変形することで、可変形状鏡として機能する。可変形状鏡 3 6 は流体 3 5 により駆動さ

れる。流体としては、シリコンオイル、空気、水、ゼリー、等の有機物、無機物を用いることができる。

【0046】

なお、静電気力、圧電効果を用いた可変形状鏡、可変焦点レンズなどにおいては、駆動用に高電圧が必要になる場合がある。その場合には、例えば図24に示すように、昇圧用のトランス、あるいは圧電トランス等を用いて制御系を構成するとよい。

また、反射用の薄膜11aは、変形しない部分にも設けておくと、可変形状鏡の形状を干渉計等で測定する場合に、基準面として使うことができ便利である。

【0047】

次に、本発明を適用し得る可変焦点レンズについて説明する。

図26は本発明を適用し得る可変焦点レンズの原理的構成を示す図である。この可変焦点レンズ44は、第1, 第2の面としてのレンズ面45a, 45bを有する第1のレンズ45と、第3, 第4の面としてのレンズ面46a, 46bを有する第2のレンズ46と、これらレンズ間に透明電極47, 48を介して設けた高分子分散液晶層49とを有し、入射光を第1, 第2のレンズ45, 46を経て収束させるものである。透明電極47, 48は、スイッチ50を介して交流電源51に接続して、高分子分散液晶層49に交流電界を選択的に印加するようにする。なお、高分子分散液晶層49は、それぞれ液晶分子52を含む球状、多面体等の任意の形状の多数の微小な高分子セル53を有して構成され、その体積は、高分子セル53を構成する高分子および液晶分子52がそれぞれ占める体積の和に一致させてある。

【0048】

ここで、高分子セル53の大きさは、例えば球状とする場合、その平均の直径Dを、使用する光の波長を λ とすると、例えば、

$$2\text{ nm} \leq D \leq \lambda / 5 \quad \dots (1)$$

とする。すなわち、液晶分子52の大きさは、2 nm程度以上であるので、平均の直径Dの下限値は、2 nm以上とする。また、平均の直径Dの上限値は、可変焦点レンズ44の光軸方向における高分子分散液晶層49の厚さtにも依存する

が、波長 λ に比べて大きいと、高分子の屈折率と液晶分子52の屈折率との差により、高分子セル53の境界面で光が散乱して高分子分散液晶層49が不透明になってしまうため、後述するように、好ましくは $\lambda/5$ 以下とする。可変焦点レンズが用いられる光学製品によっては高精度を要求しない場合もあり、そのとき平均の直径Dは波長 λ 以下でよい。なお、高分子分散液晶層49の透明度は、厚さtが厚いほど悪くなる。

【0049】

また、液晶分子52としては、例えば、一軸性のネマティック液晶分子を用いる。この液晶分子52の屈折率楕円体は、図27に示すような形状となり、

$$n_{ox} = n_{oy} = n_o \quad \dots (2)$$

である。ただし、 n_o は常光線の屈折率、 n_{ox} および n_{oy} は、常光線を含む面内での互いに直交する方向の屈折率である。

【0050】

ここで、図26に示すように、スイッチ50をオフ、すなわち高分子分散液晶層49に電界を印加しない状態では、液晶分子52が様々な方向を向いているので、入射光に対する高分子分散液晶層49の屈折率は高く、屈折力の強いレンズとなる。これに対し、図28に示すように、スイッチ50をオンとして高分子分散液晶層49に交流電界を印加すると、液晶分子52は、屈折率楕円体の長軸方向が可変焦点レンズ44の光軸と平行となるように配向するので、屈折率が低くなり、屈折力の弱いレンズとなる。

【0051】

なお、高分子分散液晶層49に印加する電圧は、例えば、図29に示すように、可変抵抗器54により段階的あるいは連続的に変化させることもできる。このようにすれば、印加電圧が高くなるにつれて、液晶分子52は、その楕円長軸が徐々に可変焦点レンズ44の光軸と平行となるように配向するので、屈折力を段階的あるいは連続的に変えることができる。

【0052】

ここで、図26に示す状態、すなわち高分子分散液晶層49に電界を印加しない状態での、液晶分子52の平均屈折率 n_{LC}' は、図27に示すように屈折率楕

円体の長軸方向の屈折率を n_z とすると、およそ

$$(n_{ox} + n_{oy} + n_z) / 3 \equiv n_{LC}' \quad \dots (3)$$

となる。また、上記(2)式が成り立つときの平均屈折率 n_{LC} は、 n_z を異常光線の屈折率 n_e と表して、

$$(2n_o + n_e) / 3 \equiv n_{LC} \quad \dots (4)$$

で与えられる。このとき、高分子分散液晶層 49 の屈折率 n_A は、高分子セル 53 を構成する高分子の屈折率を n_p とし、高分子分散液晶層 49 の体積に占める液晶分子 52 の体積の割合を f_f とすると、マックスウェル・ガーネットの法則により、

$$n_A = f_f \cdot n_{LC}' + (1 - f_f) n_p \quad \dots (5)$$

で与えられる。

【0053】

したがって、図 29 に示すように、レンズ 45 および 46 の内側の面、すなわち高分子分散液晶層 49 側の面の曲率半径を、それぞれ R_1 および R_2 とすると、可変焦点レンズ 44 の焦点距離 f_1 は、

$$1/f_1 = (n_A - 1) (1/R_1 - 1/R_2) \quad \dots (6)$$

で与えられる。なお、 R_1 および R_2 は、曲率中心が像点側にあるとき、正とする。また、レンズ 45 および 46 の外側の面による屈折は除いている。つまり、高分子分散液晶層 49 のみによるレンズの焦点距離が、(6)式で与えられる。

【0054】

また、常光線の平均屈折率を、

$$(n_{ox} + n_{oy}) / 2 = n_o' \quad \dots (7)$$

とすれば、図 28 に示す状態、すなわち高分子分散液晶層 49 に電界を印加した状態での、高分子分散液晶層 49 の屈折率 n_B は、

$$n_B = f_f \cdot n_o' + (1 - f_f) n_p \quad \dots (8)$$

で与えられるので、この場合の高分子分散液晶層 49 のみによるレンズの焦点距離 f_2 は、

$$1/f_2 = (n_B - 1) (1/R_1 - 1/R_2) \quad \dots (9)$$

で与えられる。なお、高分子分散液晶層 49 に、図 28 におけるよりも低い電圧

を印加する場合の焦点距離は、(6)式で与えられる焦点距離 f_1 と、(9)式で与えられる焦点距離 f_2 との間の値となる。

【0055】

上記(6)および(9)式から、高分子分散液晶層49による焦点距離の変化率は、

$$|(f_2 - f_1) / f_2| = |(n_B - n_A) / (n_B - 1)| \quad \dots(10)$$

で与えられる。したがって、この変化率を大きくするには、 $|n_B - n_A|$ を大きくすればよい。ここで、

$$n_B - n_A = f f (n_o' - n_{LC}') \quad \dots(11)$$

であるから、 $|n_o' - n_{LC}'|$ を大きくすれば、変化率を大きくすることができる。実用的には、 n_B が、1.3～2程度であるから、

$$0.01 \leq |n_o' - n_{LC}'| \leq 1.0 \quad \dots(12)$$

とすれば、 $f f = 0.5$ のとき、高分子分散液晶層49による焦点距離を、0.5%以上変えることができるので、効果的な可変焦点レンズを得ることができる。なお、 $|n_o' - n_{LC}'|$ は、液晶物質の制限から、1.0を越えることはできない。

【0056】

次に、上記(1)式の上限値の根拠について説明する。「Solar Energy Materials and Solar Cells」31巻, Wilson and Eck, 1993, Elsevier Science Publishers B.v. 発行の第197～214頁、「Transmission variation using scattering/transparent switching films」には、高分子分散液晶の大きさを変化させたときの透過率 τ の変化が示されている。そして、かかる文献の第206頁、図6には、高分子分散液晶の半径を r とし、 $t = 300 \mu m$ 、 $f f = 0.5$ 、 $n_p = 1.45$ 、 $n_{LC} = 1.585$ 、 $\lambda = 500 nm$ とするとき、透過率 τ は、理論値で、 $r = 5 nm$ ($D = \lambda / 50$ 、 $D \cdot t = \lambda \cdot 6 \mu m$ (ただし、 D および λ の単位は nm 、以下も同じ)) のとき $\tau \doteq 90\%$ となり、 $r = 25 nm$ ($D = \lambda / 10$) のとき $\tau \doteq 50\%$ になることが示されている。

【0057】

ここで、例えば、 $t = 150 \mu m$ の場合を推定してみると、透過率 τ が t の指数関数で変化すると仮定して、 $t = 150 \mu m$ の場合の透過率 τ を推定してみる

と、 $r = 25 \text{ nm}$ ($D = \lambda / 10$ 、 $D \cdot t = \lambda \cdot 15 \mu\text{m}$) のとき $\tau \doteq 71\%$ となる。また、 $t = 75 \mu\text{m}$ の場合は、同様に、 $r = 25 \text{ nm}$ ($D = \lambda / 10$ 、 $D \cdot t = \lambda \cdot 7.5 \mu\text{m}$) のとき $\tau \doteq 80\%$ となる。

【0058】

これらの結果から、

$$D \cdot t \leq \lambda \cdot 15 \mu\text{m} \quad \dots (13)$$

であれば、 τ は $70\% \sim 80\%$ 以上となり、レンズとして十分実用になる。したがって、例えば、 $t = 75 \mu\text{m}$ の場合は、 $D \leq \lambda / 5$ で、十分な透過率が得られることになる。

【0059】

また、高分子分散液晶層 49 の透過率は、 n_p の値が n_{LC}' の値に近いほど良くなる。一方、 n_o' と n_p とが異なる値になると、高分子分散液晶層 49 の透過率は悪くなる。図 26 の状態と図 28 の状態とで、平均して高分子分散液晶層 49 の透過率が良くなるのは、

$$n_p = (n_o' + n_{LC}') / 2 \quad \dots (14)$$

を満足するときである。

【0060】

ここで、可変焦点レンズ 44 は、レンズとして使用するものであるから、図 26 の状態でも、図 28 の状態でも、透過率はほぼ同じで、かつ高い方がよい。そのためには、高分子セル 53 を構成する高分子の材料および液晶分子 52 の材料に制限があるが、実用的には、

$$n_o' \leq n_p \leq n_{LC}' \quad \dots (15)$$

とすればよい。

【0061】

上記(14)式を満足すれば、上記(13)式は、さらに緩和され、

$$D \cdot t \leq \lambda \cdot 60 \mu\text{m} \quad \dots (16)$$

であれば良いことになる。なぜなら、フレネルの反射則によれば、反射率は屈折率差の 2 乗に比例するので、高分子セル 53 を構成する高分子と液晶分子 52 との境界での光の反射、すなわち高分子分散液晶層 49 の透過率の減少は、およそ

上記の高分子と液晶分子 52 との屈折率の差の 2 乗に比例するからである。

【0062】

以上は、 $n_o' \doteq 1.45$ 、 $n_{LC}' \doteq 1.585$ の場合であったが、より一般的に定式化すると、

$$D \cdot t \leq \lambda \cdot 15 \mu\text{m} \cdot (1.585 - 1.45)^2 / (n_u - n_p)^2 \dots (17)$$
であればよい。ただし、 $(n_u - n_p)^2$ は、 $(n_{LC}' - n_p)^2$ と $(n_o' - n_p)^2$ とのうち、大きい方である。

【0063】

また、可変焦点レンズ 44 の焦点距離変化を大きくするには、 $f f$ の値が大きい方がよいが、 $f f = 1$ では、高分子の体積がゼロとなり、高分子セル 53 を形成できなくなるので、

$$0.1 \leq f f \leq 0.999 \dots (18)$$

とする。一方、 $f f$ は、小さいほど τ は向上するので、上記(17)式は、好ましくは、

$$4 \times 10^{-6} [\mu\text{m}]^2 \leq D \cdot t \leq \lambda \cdot 45 \mu\text{m} \cdot (1.585 - 1.45)^2 / (n_u - n_p)^2 \dots (19)$$
とする。なお、 t の下限値は、図 26 から明らかなように、 $t = D$ で、 D は、上述したように 2 nm 以上であるので、 $D \cdot t$ の下限値は、 $(2 \times 10^{-3} \mu\text{m})^2$ 、すなわち $4 \times 10^{-6} [\mu\text{m}]^2$ となる。

【0064】

なお、物質の光学特性を屈折率で表す近似が成り立つのは、「岩波科学ライブラリー 8 小惑星がやってくる」向井正著、1994、岩波書店発行の第 58 頁に記載されているように、 D が 10 nm ～ 5 nm より大きい場合である。また、 D が 500 λ を越えると、光の散乱は幾何学的となり、高分子セル 518 を構成する高分子と液晶分子 517 との界面での光の散乱がフレネルの反射式に従って増大するので、 D は、実用的には、

$$7 \text{ nm} \leq D \leq 500 \lambda \dots (20)$$

とする。

【0065】

図 30 は、図 29 に示す可変焦点レンズ 44 を用いるデジタルカメラ用の撮像

光学系の構成を示すものである。この撮像光学系においては、物体（図示せず）の像を、絞り 5 5、可変焦点レンズ 4 4 およびレンズ 5 6 を介して、例えば CCD よりなる固体撮像素子 5 7 上に結像させる。なお、図 3 0 では、液晶分子の図示を省略してある。

【 0 0 6 6 】

かかる撮像光学系によれば、可変抵抗器 5 4 により可変焦点レンズ 4 4 の高分子分散液晶層 4 9 に印加する交流電圧を調整して、可変焦点レンズ 4 4 の焦点距離を変えることより、可変焦点レンズ 4 4 およびレンズ 5 6 を光軸方向に移動させることなく、例えば、無限遠から 6 0 0 mm までの物体距離に対して、連続的に合焦させることが可能となる。

【 0 0 6 7 】

図 3 1 は本発明を適用し得る可変焦点回折光学素子の一例の構成を示す図である。この可変焦点回折光学素子 5 8 は、平行な第 1、第 2 の面 5 9 a、5 9 b を有する第 1 の透明基板 5 9 と、光の波長オーダーの溝深さを有する断面鋸歯波状のリング状回折格子を形成した第 3 の面 6 0 a および平坦な第 4 の面 6 0 b を有する第 2 の透明基板 6 0 とを有し、入射光を第 1、第 2 の透明基板 5 9、6 0 を経て出射させるものである。第 1、第 2 の透明基板 5 9、6 0 間には、図 2 6 で説明したのと同様に、透明電極 4 7、4 8 を介して高分子分散液晶層 4 9 を設け、透明電極 4 7、4 8 をスイッチ 5 0 を経て交流電源 5 1 に接続して、高分子分散液晶層 4 9 に交流電界を印加するようにする。

【 0 0 6 8 】

かかる構成において、可変焦点回折光学素子 5 8 に入射する光線は、第 3 の面 6 0 a の格子ピッチを p とし、 m を整数とすると、

$$p \sin \theta = m \lambda \quad \dots (21)$$

を満たす角度 θ だけ偏向されて出射される。また、溝深さを h 、透明基板 6 0 の屈折率を n_{60} とし、 k を整数とすると、

$$h (n_A - n_{60}) = m \lambda \quad \dots (22)$$

$$h (n_B - n_{60}) = k \lambda \quad \dots (23)$$

を満たせば、波長 λ で回折効率が 1 0 0 % となり、フレアの発生を防止すること

ができる。

【0069】

ここで、上記(22)および(23)式の両辺の差を求めると、

$$h(n_A - n_B) = (m - k)\lambda \quad \dots(24)$$

が得られる。したがって、例えば、 $\lambda = 500 \text{ nm}$ 、 $n_A = 1.55$ 、 $n_B = 1.5$ とすると、

$$0.05h = (m - k) \cdot 500 \text{ nm}$$

となり、 $m = 1$ 、 $k = 0$ とすると、

$$h = 10000 \text{ nm} = 10 \mu\text{m}$$

となる。この場合、透明基板60の屈折率 n_{60} は、上記(22)式から、 $n_{60} = 1.5$ であればよい。また、可変焦点回折光学素子58の周辺部における格子ピッチ p を $10 \mu\text{m}$ とすると、 $\theta \approx 2.87^\circ$ となり、Fナンバーが10のレンズを得ることができる。

【0070】

かかる、可変焦点回折光学素子58は、高分子分散液晶層49への印加電圧のオン・オフで光路長が変わるので、例えば、レンズ系の光束が平行でない部分に配置して、ピント調整を行うのに用いたり、レンズ系全体の焦点距離等を変えるのに用いることができる。

【0071】

なお、この実施形態において、上記(22)～(24)式は、実用上、

$$0.7m\lambda \leq h(n_A - n_{33}) \leq 1.4m\lambda \quad \dots(25)$$

$$0.7k\lambda \leq h(n_B - n_{33}) \leq 1.4k\lambda \quad \dots(26)$$

$$0.7(m - k)\lambda \leq h(n_A - n_B) \leq 1.4(m - k)\lambda \quad \dots(27)$$

を満たせば良い。

【0072】

また、ツイストネマティック液晶を用いる可変焦点レンズもある。図32および図33は、この場合の可変焦点眼鏡61の構成を示すものであり、可変焦点レンズ62は、レンズ63および64と、これらレンズの内面上にそれぞれ透明電極65、66を介して設けた配向膜67、68と、これら配向膜間に設けたツイ

ストネマティック液晶層 6 9 とを有して構成し、その透明電極 6 5, 6 6 を可変抵抗器 5 4 を経て交流電源 5 1 に接続して、ツイストネマティック液晶層 6 9 に交流電界を印加するようにする。

【 0 0 7 3 】

かかる構成において、ツイストネマティック液晶層 6 9 に印加する電圧を高くすると、液晶分子 7 0 は、図 3 2 に示すようにホメオトロピック配向となり、図 3 3 に示す印加電圧が低いツイストネマティック状態の場合に比べて、ツイストネマティック液晶層 6 9 の屈折率は小さくなり、焦点距離が長くなる。

【 0 0 7 4 】

ここで、図 3 2 に示すツイストネマティック状態における液晶分子 7 0 の螺旋ピッチ P は、光の波長 λ に比べて同じ程度か十分小さくする必要があるので、例えば、

$$2 \text{ nm} \leq P \leq 2 \lambda / 3 \quad \dots (28)$$

とする。なお、この条件の下限値は、液晶分子の大きさで決まり、上限値は、入射光が自然光の場合に、図 3 3 の状態でツイストネマティック液晶層 6 9 が等方媒質として振る舞うために必要な値であり、この上限値の条件を満たさないと、可変焦点レンズ 6 2 は偏光方向によって焦点距離の異なるレンズとなり、これがため二重像が形成されてぼけた像しか得られなくなる。

【 0 0 7 5 】

図 3 4 (A) は、本発明を適用し得る可変偏角プリズムの構成を示すものである。この可変偏角プリズム 7 1 は、第 1, 第 2 の面 7 2 a, 7 2 b を有する入射側の第 1 の透明基板 7 2 と、第 3, 第 4 の面 7 3 a, 7 3 b を有する出射側の平行平板状の第 2 の透明基板 7 3 とを有する。入射側の透明基板 7 2 の内面 (第 2 の面) 7 2 b はフレネル状に形成し、この透明基板 7 2 と出射側の透明基板 7 3 との間に、図 2 6 で説明したのと同様に、透明電極 4 7, 4 8 を介して高分子分散液晶層 4 9 を設ける。透明電極 4 7, 4 8 は、可変抵抗器 5 4 を経て交流電源 5 1 に接続され、これにより高分子分散液晶層 4 9 に交流電界を印加して、可変偏角プリズム 7 1 を透過する光の偏角を制御するようにする。なお、図 3 4 (A) では、透明基板 7 2 の内面 7 2 b をフレネル状に形成したが、例えば、図 3 4 (B)

に示すように、透明基板 72 および 73 の内面を相対的に傾斜させた傾斜面を有する通常のプリズム状に形成することもできるし、あるいは図 35 に示した回折格子状に形成することもできる。回折格子状に形成する場合には、上記の(21)～(27)式が同様にあてはまる。

【0076】

かかる構成の可変偏角プリズム 71 は、例えば、TVカメラ、デジタルカメラ、フィルムカメラ、双眼鏡等のブレ防止用として有効に用いることができる。この場合、可変偏角プリズム 71 の屈折方向（偏向方向）は、上下方向とするのが望ましいが、さらに性能を向上させるためには、2 個の可変偏角プリズム 71 を偏向方向を異ならせて、例えば図 35 に示すように、上下および左右の直交する方向で屈折角を変えるように配置するのが望ましい。なお、図 34 および図 35 では、液晶分子の図示を省略してある。

【0077】

図 36 は本発明を適用し得る可変焦点レンズとしての可変焦点ミラーを示すものである。この可変焦点ミラー 74 は、第 1、第 2 の面 75 a, 75 b を有する第 1 の透明基板 75 と、第 3、第 4 の面 76 a, 76 b を有する第 2 の透明基板 76 とを有する。第 1 の透明基板 75 は、平板状またはレンズ状に形成して、内面（第 2 の面）75 b に透明電極 47 を設け、第 2 の透明基板 76 は、内面（第 3 の面）76 a を凹面状に形成して、該凹面上に反射膜 77 を施し、さらにこの反射膜 77 上に透明電極 48 を設ける。透明電極 47, 48 間には、図 26 で説明したのと同様に、高分子分散液晶層 49 を設け、これら透明電極 47, 48 をスイッチ 50 および可変抵抗器 54 を経て交流電源 51 に接続して、高分子分散液晶層 49 に交流電界を印加するようにする。なお、図 36 では、液晶分子の図示を省略してある。

【0078】

かかる構成によれば、透明基板 75 側から入射する光線は、反射膜 77 により高分子分散液晶層 49 を折り返す光路となるので、高分子分散液晶層 49 の作用を 2 回もたせることができると共に、高分子分散液晶層 49 への印加電圧を変えることにより、反射光の焦点位置を変えることができる。この場合、可変焦点ミ

ラー 7 4 に入射した光線は、高分子分散液晶層 4 9 を 2 回透過するので、高分子分散液晶層 4 9 の厚さの 2 倍を t とすれば、上記の各式を同様に用いることができる。なお、透明基板 7 5 または 7 6 の内面を、図 3 4 に示したように回折格子状にして、高分子分散液晶層 4 9 の厚さを薄くすることもできる。このようにすれば、散乱光をより少なくできる利点がある。

【 0 0 7 9 】

なお、以上の説明では、液晶の劣化を防止するため、電源として交流電源 5 1 を用いて、液晶に交流電界を印加するようにしたが、直流電源を用いて液晶に直流電界を印加するようにすることもできる。また、液晶分子の方向を変える方法としては、電圧を変化させること以外に、液晶にかける電場の周波数、液晶にかける磁場の強さ・周波数、あるいは液晶の温度等を変化させることによってよい。以上に示した実施形態において、高分子分散液晶は液状ではなく固体に近いものもあるので、その場合はレンズ 4 5, 4 6 の一方、透明基板 5 9、レンズ 6 0、レンズ 6 3, 6 4 の一方、図 3 4 (A) における透明基板 7 3、図 3 4 (B) における透明基板 7 2, 7 3 の一方、透明基板 7 5, 7 6 の一方はなくてもよい。

【 0 0 8 0 】

図 3 7 は本発明を適用し得る更に他の例に係る、可変焦点レンズ 7 8 を用いた撮像ユニット 7 9 の概略構成図である。本例では、レンズ 8 0 と可変焦点レンズ 7 8 とで、撮像レンズを構成している。そして、この撮像レンズと固体撮像素子 5 7 とで撮像ユニット 7 9 を構成している。可変焦点レンズ 7 8 は、透明部材 8 1 と圧電性のある合成樹脂等の柔らかい透明物質 8 2 とで、光を透過する流体あるいはゼリー状物質 8 3 を挟んで構成されている。

【 0 0 8 1 】

流体あるいはゼリー状物質 8 3 としては、シリコンオイル、弾性ゴム、ゼリー、水等を用いることができる。透明物質 8 2 の両面には透明電極 8 4 が設けられており、回路 8 5 を介して電圧を加えることで、透明物質 8 2 の圧電効果により透明物質 8 2 が変形し、可変焦点レンズ 7 8 の焦点距離が変わるようになっている。

従って、本実施例によれば、物体距離が変わった場合でも光学系をモーター等

で動かすことなくフォーカスができ、小型、軽量、消費電力が少ない点で優れている。

【 0 0 8 2 】

なお、図 3 7 中、8 6 は流体をためるシリンダーである。また、透明物質 8 2 の材質としては、ポリウレタン、シリコンゴム、アクリルエラストマー、P Z T、P L Z T、ポリフッ化ビニリデン（P V D F）等の高分子圧電体、シアン化ビニリデン共重合体、ビニリデンフルオライドとトリフルオロエチレンの共重合体等が用いられる。

圧電性を有する有機材料や、圧電性を有する合成樹脂、圧電性を有するエラストマー等を用いると可変焦点レンズ面の大きな変形が実現できてよい。

可変焦点レンズには透明な圧電材料を用いるとよい。

【 0 0 8 3 】

なお、図 3 7 の例で、可変焦点レンズ 7 8 は、シリンダー 8 6 を設けるかわりに、図 3 8 に示すように、支援部材 8 7 を設けてシリンダー 8 6 を省略した構造にしてもよい。

支援部材 8 7 は、間に透明電極 8 4 を挟んで、透明物質 8 2 の一部の周辺部分を固定している。本例によれば、透明物質 8 2 に電圧をかけることによって、透明物質 8 2 が変形しても、図 3 9 に示すように、可変焦点レンズ 7 8 全体の体積が変わらないように変形するため、シリンダー 8 6 が不要になる。なお、図 3 8、3 9 中、8 8 は変形可能な部材で、弾性体、アコーディオン状の合成樹脂または金属等でできている。

【 0 0 8 4 】

図 3 7、図 3 8 に示す例では、電圧を逆に印加すると透明物質 8 2 は逆向きに変形するので凹レンズにすることも可能である。

なお、透明物質 8 2 に電歪材料、例えば、アクリルエラストマー、シリコンゴム等を用いる場合は、透明物質 8 2 を透明基板と電歪材料を貼り合わせた構造にするとよい。

【 0 0 8 5 】

図 4 0 は本発明を適用し得る可変焦点レンズの更に他の例に係る、マイクロボ

ンプ 8 9 で流体 9 0 を出し入れし、レンズ面を変形させる可変焦点レンズ 7 8 の概略構成図である。

マイクロポンプ 8 9 は、例えば、マイクロマシンの技術で作られた小型のポンプで、電力で動くように構成されている。流体 9 0 は、透明基板 9 1 と、弾性体 9 2 との間に挟まれている。図 4 0 中、9 3 は弾性体 9 2 を保護するための透明基板で、設けなくてもよい。

マイクロマシンの技術で作られたポンプの例としては、熱変形を利用したもの、圧電材料を用いたもの、静電気力を用いたものなどがある。

【 0 0 8 6 】

そして、図 2 4 で示したようなマイクロポンプ 3 4 を、例えば、図 4 0 に示す可変焦点レンズ 7 8 に用いるマイクロポンプ 8 9 のように、2 つ用いればよい。

【 0 0 8 7 】

なお、静電気力、圧電効果を用いた可変焦点レンズなどにおいては、駆動用に高電圧が必要になる場合がある。その場合には、昇圧用のトランス、あるいは圧電トランス等を用いて制御系を構成するとよい。

特に積層型圧電トランスを用いると小型にできてよい。

【 0 0 8 8 】

図 4 1 は本発明を適用し得る光学特性可変光学素子の他の例であって圧電材料 9 4 を用いた可変焦点レンズ 7 8 の概略構成図である。

圧電材料 9 4 には透明物質 8 2 と同様の材料が用いられており、圧電材料 9 4 は、透明で柔らかい基板 9 5 の上に設けられている。なお、この基板 9 5 には、合成樹脂、有機材料を用いるのが望ましい。

本例においては、2 つの透明電極 8 4 を介して電圧を圧電材料 9 4 に加えることで圧電材料 9 4 は変形し、図 4 1 において凸レンズとしての作用を持っている。

【 0 0 8 9 】

なお、基板 9 5 の形をあらかじめ凸状に形成しておき、かつ、2 つの透明電極 8 4 のうち、少なくとも一方の電極の大きさを基板 9 5 と異ならせておく、例えば、一方の透明電極 8 4 を基板 9 5 よりも小さくしておくと、電圧を切ったとき

に、図 4 2 に示すように、2 つの透明電極 8 4 が対向する所定部分だけが凹状に変形して凹レンズの作用を持つようになり、可変焦点レンズとして動作する。

このとき基板 9 5 は、流体 9 0 の体積が変化しないように変形するので、液溜 3 8 が不要になるというメリットがある。

【 0 0 9 0 】

本例では、流体 9 0 を保持する基板の一部分を圧電材料で変形させて、液溜 3 8 を不要としたところに大きなメリットがある。

なお、図 4 1 の例にも言えることであるが、透明基板 9 1, 9 3 はレンズとして構成しても、或いは平面で構成してもよい。

【 0 0 9 1 】

図 4 3 は本発明を適用し得る光学特性可変光学素子の更に他の例であって圧電材料からなる 2 枚の薄板 9 4 A, 9 4 B を用いた可変焦点レンズの概略構成図である。

本例の可変焦点レンズは、薄板 9 4 A と 9 4 B の材料の方向性を反転させることで、変形量を大きくし、大きな可変焦点範囲が得られるというメリットがある。

なお、図 4 3 中、9 6 はレンズ形状の透明基板である。本例においても、紙面の右側の透明電極 8 4 は基板 9 5 よりも小さく形成されている。

【 0 0 9 2 】

なお、図 4 1 ～図 4 3 に示された例において、基板 9 5、薄板 9 4, 9 4 A, 9 4 B の厚さを不均一にして、電圧を掛けたときの変形のさせかたをコントロールしてもよい。

そのようにすれば、レンズの収差補正等もすることができ、便利である。

【 0 0 9 3 】

図 4 4 は本発明を適用し得る可変焦点レンズの更に他の実施例を示す概略構成図である。

本実施例の可変焦点レンズ 7 8 は、例えばシリコンゴムやアクリルエラストマー等の電歪材料 9 7 を用いて構成されている。

本実施例の構成によれば、電圧が低いときには、図 4 4 に示すように、凸レン

ズとして作用し、電圧を上げると、図 4 5 に示すように、電歪材料 9 7 が上下方向に伸びて左右方向に縮むので、焦点距離が伸びる。従って、可変焦点レンズとして動作する。

本例の可変焦点レンズによれば、大電源を必要としないので消費電力が小さくて済むというメリットがある。

【 0 0 9 4 】

図 4 6 は本発明を適用し得る光学特性可変光学素子のさらに他の例であってフォトリソグラフィ効果を用いた可変焦点レンズの概略構成図である。

本例の可変焦点レンズ 7 8 は、透明弾性体 9 8, 9 9 でアゾベンゼン 1 0 0 が挟まれており、アゾベンゼン 1 0 0 には、透明なスペーサー 1 0 1 を経由して紫外光が照射されるようになっている。

図 4 6 中、1 0 2, 1 0 3 はそれぞれ中心波長が λ_1 , λ_2 の例えば紫外 LED、紫外半導体レーザー等の紫外光源である。

【 0 0 9 5 】

本例において、中心波長が λ_1 の紫外光が図 4 7 (A) に示すトランス型のアゾベンゼンに照射されると、アゾベンゼン 2 1 0 は、図 4 7 (B) に示すシス型に変化して体積が減少する。このため、可変焦点レンズ 7 8 の形状は薄くなり、凸レンズ作用が減少する。

一方、中心波長が λ_2 の紫外光がシス型のアゾベンゼン 1 0 0 に照射されると、アゾベンゼン 1 0 0 はシス型からトランス型に変化して、体積が増加する。このため、可変焦点レンズ 7 8 の形状は厚くなり、凸レンズ作用が増加する。

このようにして、本例の光学素子は可変焦点レンズとして作用する。

また、可変焦点レンズ 7 8 では、透明弾性体 9 8, 9 9 の空気との境界面で紫外光が全反射するので外部に光がもれず、効率がよい。

【 0 0 9 6 】

以上述べた各例の可変焦点レンズにおいては、透明電極 8 4 等は複数に分割されていてもよい。そして、分割された透明電極のそれぞれに異なる電圧を加えることによって、光学装置のピント合わせ、ズーム、変倍のみならず、振れ補正、製造誤差による光学性能の低下の補償、収差の補正等が可能になる。

【 0 0 9 7 】

次に、本発明を適用し得る可変焦点レンズに用いる透明電極の分割例を図 4 8 ～ 5 1 を用いて説明する。

図 4 8 の例は、透明電極 8 4 を同心状に分割した例を示している。周辺部にいくほど輪帯の幅が狭くなっている。これは収差を補正しやすくするためである。

【 0 0 9 8 】

図 4 9 の例は、輪帯をさらに分割したもので、電極の境界線が 3 つずつ一点に集まるように分けてある部分を含んでいる。このようにすると、圧電材料 9 4 の形状が滑らかに変化するので収差の少ないレンズが得られる。

【 0 0 9 9 】

図 5 0 の例は、透明電極 8 4 を六角形に分割したもので、上記と同様の理由により電極の境界線が 3 つずつ一点で集まるように分けてある部分を含んでいる。

【 0 1 0 0 】

なお、図 4 8、4 9 の例においてそれぞれ分割された一つ一つの電極 8 4 A、8 4 B、8 4 C……は、ほぼ同じ面積にした方が収差補正上有利である。このため、分割された電極のうち最も面積の大きい電極と最も面積の小さい電極との面積比は 1 0 0 : 1 以内に抑えるのがよい。

また、電極分割の配列は、図 4 8、4 9、5 0 の例のように、対称の中心の電極 8 4 A を包むようにすると円形レンズの場合、特に収差補正上有利となる。

また、一点に集まる透明電極の境界線が相互になす角が 90° よりも大きくなるようにしてもよい。

また、図 5 1 の例に示すように、電極の分割は格子状にしてもよい。このような分割形態にすれば、簡単に製作できるというメリットがある。

【 0 1 0 1 】

また、光学系の収差或いは振れを十分に補正するには、透明分割電極 8 4 A、8 4 B、8 4 C の個数は多い方が良く、2 次収差を補正するためには最低 7 個の分割電極、3 次収差を補正するためには最低 9 個の分割電極、4 次収差を補正するためには最低 1 3 個の分割電極、5 次収差を補正するためには最低 1 6 個の分割電極、7 次収差を補正するためには最低 2 5 個の分割電極が必要となる。

なお、2次収差とは、ティルト、非点収差、コマ収差のx方向、y方向の2方向の成分である。ただし、低コストの商品では最低でも3つの分割電極があれば、大きな収差又は大きな振れは補正できる。

【0102】

最後に、本発明で用いる用語の定義を述べておく。

【0103】

光学装置とは、光学系あるいは光学素子を含む装置のことである。光学装置単体で機能しなくてもよい。つまり、装置の一部でもよい。

【0104】

光学装置には、撮像装置、観察装置、表示装置、照明装置、信号処理装置等が含まれる。

【0105】

撮像装置の例としては、フィルムカメラ、デジタルカメラ、ロボットの眼、レンズ交換式デジタル一眼レフカメラ、テレビカメラ、動画記録装置、電子動画記録装置、カムコーダ、VTRカメラ、電子内視鏡等がある。デジカメ、カード型デジカメ、テレビカメラ、VTRカメラ、動画記録カメラなどはいずれも電子撮像装置の一例である。

【0106】

観察装置の例としては、顕微鏡、望遠鏡、眼鏡、双眼鏡、ルーペ、ファイバースコープ、ファインダー、ビューファインダー等がある。

【0107】

表示装置の例としては、液晶ディスプレイ、ビューファインダー、ゲームマシン（ソニー社製プレイステーション）、ビデオプロジェクター、液晶プロジェクター、頭部装着型画像表示装置（head mounted display：HMD）、PDA（携帯情報端末）、携帯電話等がある。

【0108】

照明装置の例としては、カメラのストロボ、自動車のヘッドライト、内視鏡光源、顕微鏡光源等がある。

【0109】

信号処理装置の例としては、携帯電話、パソコン、ゲームマシン、光ディスクの読取・書込装置、光計算機の演算装置等がある。

【 0 1 1 0 】

撮像素子は、例えばCCD、撮像管、固体撮像素子、写真フィルム等を指す。また、平行平板はプリズムの1つに含まれるものとする。観察者の変化には、視度の変化を含むものとする。被写体の変化には、被写体となる物体距離の変化、物体の移動、物体の動き、振動、物体のぶれ等を含むものとする。

【 0 1 1 1 】

拡張曲面の定義は以下の通りである。

球面、平面、回転対称非球面のほか、光軸に対して偏心した球面、平面、回転対称非球面、あるいは対称面を有する非球面、対称面を1つだけ有する非球面、対称面のない非球面、自由曲面、微分不可能な点、線を有する面等、いかなる形をしていても良い。反射面でも、屈折面でも、光になんらかの影響を与えうる面ならば良い。

上述の各例では、これらを総称して拡張曲面と呼ぶことにする。

【 0 1 1 2 】

光学特性可変光学素子とは、可変焦点レンズ、可変形状鏡、面形状の変わる偏光プリズム、頂角可変プリズム、光偏向作用の変わる可変回折光学素子、つまり可変HOE、可変DOE等を含む。

【 0 1 1 3 】

可変焦点レンズには、焦点距離が変化せず、収差量が変化するような可変レンズも含むものとする。可変形状鏡についても同様である。

要するに、光学素子で、光の反射、屈折、回折等の光偏向作用が変化しうるものを光学特性可変光学素子と呼ぶ。

【 0 1 1 4 】

情報発信装置とは、携帯電話、固定式の電話、ゲームマシン、テレビ、ラジカセ、ステレオ等のリモコンや、パソコン、パソコンのキーボード、マウス、タッチパネル等の何らかの情報を入力し、送信することができる装置を指す。

撮像装置のついたテレビモニター、パソコンのモニター、ディスプレイも含むも

のとする。

情報発信装置は、信号処理装置の中に含まれる。

【 0 1 1 5 】

【発明の効果】

上述の如く本発明によれば、可変形状鏡の電極間の静電容量から反射面の変位を精度良く検出することができ、これをフィードバックすることにより可変形状鏡の形状を高精度に制御することの可能な可変形状鏡装置を提供することが出来る。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

図 1 は本発明に係る可変形状鏡の第 1 実施例と静電容量検出回路を含む電子回路部を備えた、反射面兼上部電極を含む上部基板と電圧制御回路及び高周波重畳回路を含む電子回路部を備えた、静電容量検出電極を兼ねた制御電極を含む下部基板とを離間させて示した斜視図である。

【図 2】

図 1 の II-II に沿う断面図である。

【図 3】

電子回路部に備えられた電圧制御回路と高周波重畳回路及び静電容量検出回路と上部電極及び制御電極との相互の接続関係を略示したブロック図である。

【図 4】

電圧制御回路の一例を示す配線図である。

【図 5】

本発明に係る高周波重畳回路と静電容量検出回路の上記一実施例の等価回路図である。

【図 6】

本発明の第 2 実施例を示しており、図 6 (a) は下部基板の平面図、図 6 (b) は図 6 (a) の VI-VI 線断面図である。

【図 7】

第 2 実施例において定電圧と高周波電源を一体に構成した場合の各要素の接続

を示す等価回路図である。

【図 8】

第 2 実施例において定電圧源と高周波電源を別体に構成した場合の各要素の接続を示す等価回路図である。

【図 9】

本発明の第 3 実施例を示しており、図 9 (a) は下部基板の平面図、図 9 (b) は図 9 (a) の IX-IX 線断面図である。

【図 1 0】

第 3 実施例における各要素の接続を示す等価回路図である。

【図 1 1】

本発明を適用し得る光学特性ミラーを用いたデジタルカメラのケプラー式ファインダーの概略構成図である。

【図 1 2】

本発明を適用し得る可変形状鏡の他の例を示す概略構成図である。

【図 1 3】

図 1 2 に示した可変形状鏡に用いる電極の一形態を示す説明図である。

【図 1 4】

図 1 2 に示した可変形状鏡に用いる電極の他の形態を示す説明図である。

【図 1 5】

本発明を適用し得る可変形状鏡の更に他の例を示す概略構成図である。

【図 1 6】

本発明を適用し得る可変形状鏡の更に他の例を示す概略構成図である。

【図 1 7】

本発明を適用し得る可変形状鏡の更に他の例を示す概略構成図である。

【図 1 8】

図 1 7 に示した可変形状鏡における薄膜コイルの巻密度の状態を示す説明図である。

【図 1 9】

本発明を適用し得る可変形状鏡の更に他の例を示す概略構成図である。

【図 2 0】

図 1 9 に示した可変形状鏡におけるコイルの一配置例を示す説明図である。

【図 2 1】

図 1 9 に示した可変形状鏡におけるコイルの他の配置例を示す説明図である。

【図 2 2】

図 1 9 に示した例において、コイルの配置を図 2 1 に示したようにした場合に適する永久磁石の配置を示す説明図である。

【図 2 3】

本発明を適用し得る可変形状鏡を用いた撮像系、例えば携帯電話のデジタルカメラ、カプセル内視鏡、電子内視鏡、パソコン用デジタルカメラ、PDA用デジタルカメラ等に用いられる撮像系の概略構成図である。

【図 2 4】

本発明を適用し得る可変形状鏡の更に他の例に係る、マイクロポンプで流体を出し入れし、レンズ面を変形させる可変形状鏡の概略構成図である。

【図 2 5】

図 2 4 に示したマイクロポンプの一具体例を示す概略構成図である。

【図 2 6】

本発明を適用し得る可変焦点レンズの一例の原理的構成を示す図である。

【図 2 7】

一軸性のネマティック液晶分子の屈折率楕円体を示す図である。

【図 2 8】

図 2 6 に示す高分子分散液晶層に電界を印加した状態を示す図である。

【図 2 9】

図 2 6 に示す高分子分散液晶層への印加電圧を可変にする場合の一例の構成を示す図である。

【図 3 0】

本発明を適用し得る可変焦点レンズを用いるデジタルカメラ用の撮像光学系の一例の構成を示す図である。

【図 3 1】

本発明を適用し得る可変焦点回折光学素子の一例の構成を示す図である。

【図 3 2】

本発明を適用し得るツイストネマティック液晶を用いた可変焦点レンズを有する可変焦点眼鏡の構成を示す図である。

【図 3 3】

図 3 2 に示すツイストネマティック液晶層への印加電圧を高くした時の液晶分子の配向状態を示す図である。

【図 3 4】

本発明を適用し得る可変偏角プリズムの二つの例の構成を示す図である。

【図 3 5】

図 3 4 に示す可変偏角プリズムの使用状態を説明するための図である。

【図 3 6】

本発明を適用し得る可変焦点レンズとしての可変焦点ミラーの一例の構成を示す図である。

【図 3 7】

本発明を適用し得る更に他の例に係る、可変焦点レンズを用いた撮像ユニットの概略構成図である。

【図 3 8】

図 3 7 に示した例における可変焦点レンズの変形例を示す説明図である。

【図 3 9】

図 3 8 に示した可変焦点レンズが変形した状態を示す説明図である。

【図 4 0】

本発明を適用し得る可変焦点レンズの更に他の例に係る、マイクロポンプで流体を出し入れし、レンズ面を変形させる可変焦点レンズの概略構成図である。

【図 4 1】

本発明を適用し得る光学特性可変光学素子の他の例であって圧電材料を用いた可変焦点レンズの概略構成図である。

【図 4 2】

図 4 1 の変形例に係る可変焦点レンズの状態説明図である。

【図 4 3】

本発明を適用し得る光学特性可変光学素子の更に他の例であって圧電材料からなる 2 枚の薄板を用いた可変焦点レンズの概略構成図である。

【図 4 4】

本発明を適用し得る可変焦点レンズの更に他の例を示す概略構成図である。

【図 4 5】

図 4 4 に示した例に係る可変焦点レンズの状態説明図である。

【図 4 6】

本発明を適用し得る光学特性可変光学素子の更に他の例であって、フォトニカル効果を用いた可変焦点レンズの概略構成図である。

【図 4 7】

図 4 6 に示した可変焦点レンズに用いるアゾベンゼンの構造を示す説明図であり、(A)はトランス型、(B)はシス型を示している。

【図 4 8】

本発明を適用し得る可変焦点レンズに用いる透明電極の一分割例を示す説明図である。

【図 4 9】

本発明を適用し得る可変焦点レンズに用いる透明電極の他の分割例を示す説明図である。

【図 5 0】

本発明を適用し得る可変焦点レンズに用いる透明電極のさらに他の分割例を示す説明図である。

【図 5 1】

本発明を適用し得る可変焦点レンズに用いる透明電極のさらに他の分割例を示す説明図である。

【符号の説明】

- | | |
|---|--------|
| 1 | 圧電制御基板 |
| 1 | 絶縁層 |
| 2 | 圧電制御電極 |

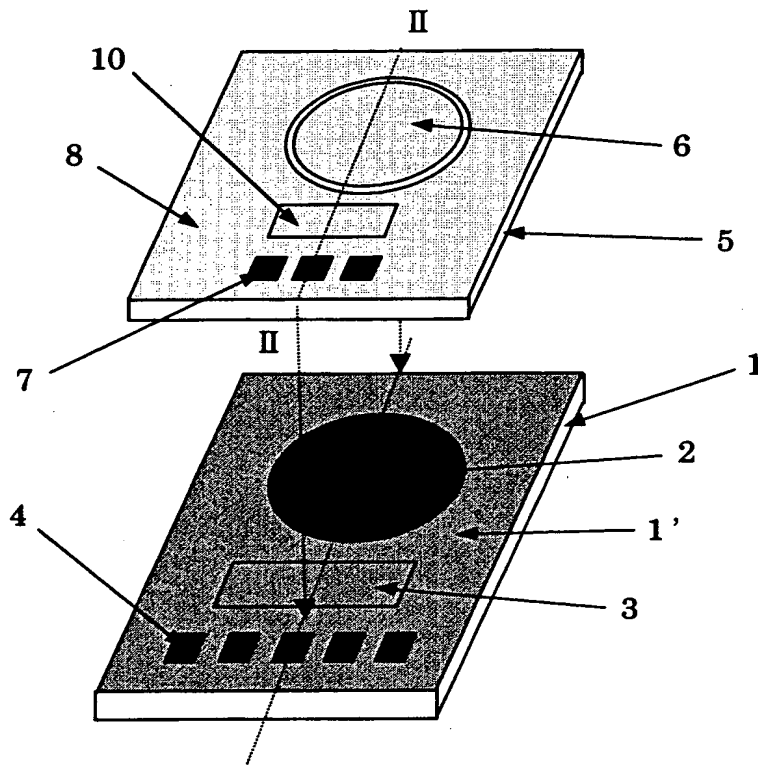
2'	静電容量検出電極
3	電圧制御回路
4, 7	外部リード電極
5	上部基板
6	反射面兼上部電極
6 A	静電容量検出回路
6 a	静電容量検出出力端
8	可撓性薄膜
9	電圧制御回路
9 a	高圧電源
9 b	駆動電源
9 c	リファレンス電圧源
1 0	変位量検出回路
1 0 a	定電圧
1 0 b	高周波電源
1 1	可変形状鏡
1 1 a	薄膜（反射面）
1 1 b, 4 0, 4 1	電極
1 1 c	圧電素子
1 2, 1 4	可変抵抗器
1 3	電源
1 5	電源スイッチ
1 6	演算装置
1 7	温度センサー
1 8	湿度センサー
1 9	距離センサー
2 0	対物レンズ
2 1	接眼レンズ
2 2, 2 3	プリズム

2 4	ミラー
2 5, 5 7	固体撮像素子
2 6	撮像レンズ
2 7	支持台
2 8	振れセンサー
2 9, 3 2	駆動回路
3 0	永久磁石
3 1	コイル
3 3, 7 9	撮像ユニット
3 4	マイクロポンプ
3 5, 9 0	流体
3 6	可変形状鏡
3 7	反射膜
3 8	液溜
3 9	振動板
4 2, 4 3	弁
4 4, 6 2, 7 8	可変焦点レンズ
4 5, 4 6, 5 6, 6 3, 6 4, 8 0	レンズ
4 5 a, 4 5 b, 4 6 a, 4 6 b	レンズ面
4 7, 4 8, 6 5, 6 6, 8 4	透明電極
4 9	高分子分散液晶層
5 0	スイッチ
5 1	交流電源
5 2, 7 0	液晶分子
5 3	高分子セル
5 4	可変抵抗器
5 5	絞り
5 8	可変焦点回折光学素子
5 9, 6 0, 7 2, 7 3, 7 5, 7 6, 9 1, 9 3	透明基板

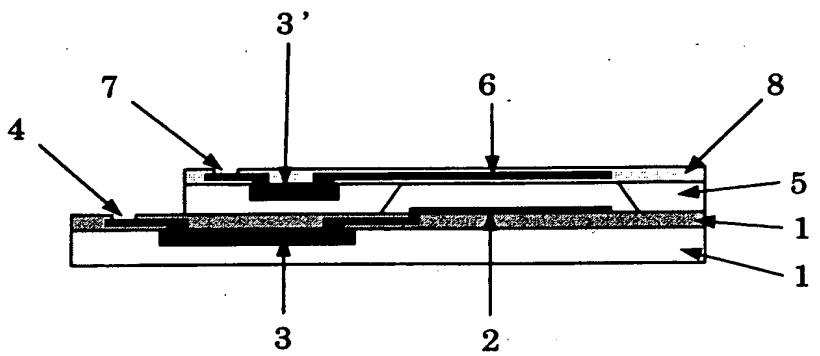
6 1	可変焦点眼鏡
6 7, 6 8	配向膜
6 9	ツイストネマテック液晶層
7 1	可変偏角プリズム
7 4	可変焦点ミラー
7 7	反射膜
8 1	透明部材
8 2	透明物質
8 3	流体又はゼリー状物質
8 5	回路
8 6	シリンダー
8 7	支援部材
8 8	変形可能な部材
8 9	マイクロポンプ
9 2	弾性体
9 4	圧電材料
9 4 A, 9 4 B	薄板
9 5	透明で柔らかい基板
9 6	レンズ形状の透明基板
9 7	電歪材料
9 8, 9 9	透明弾性体
1 0 0	アドベンゼン
1 0 1	スペーサー
1 0 2, 1 0 3	紫外光源

【書類名】 図面

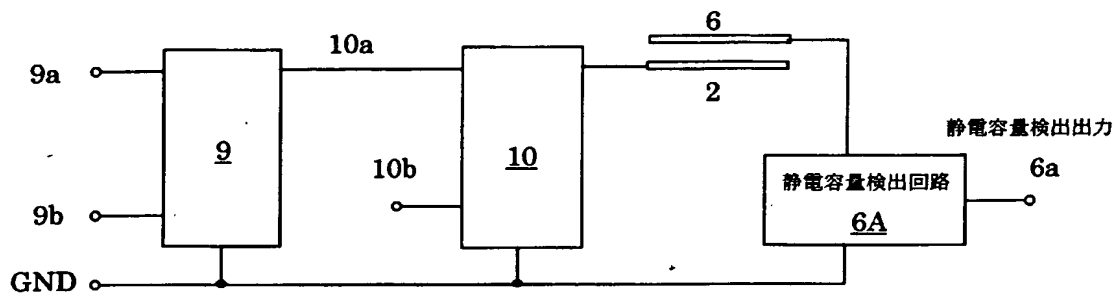
【図 1】



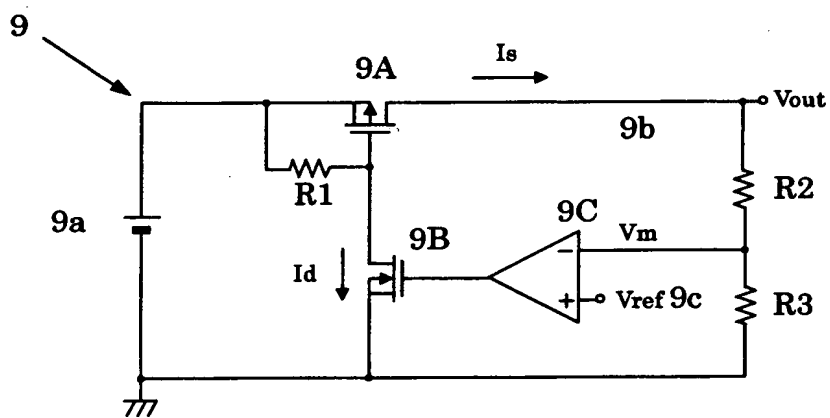
【図 2】



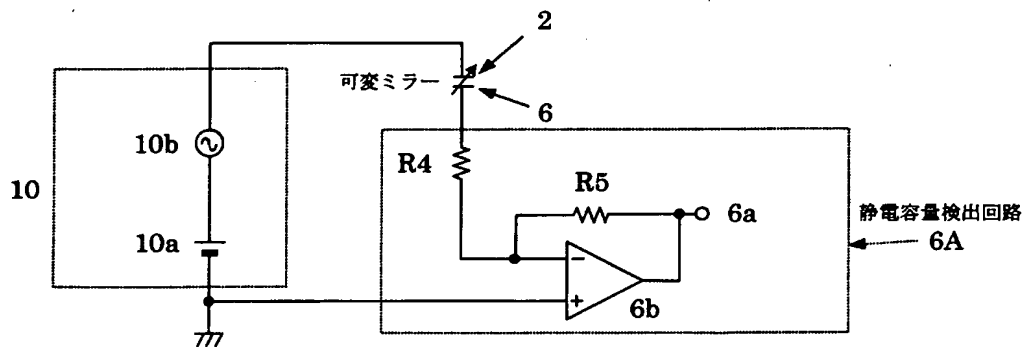
【図 3】



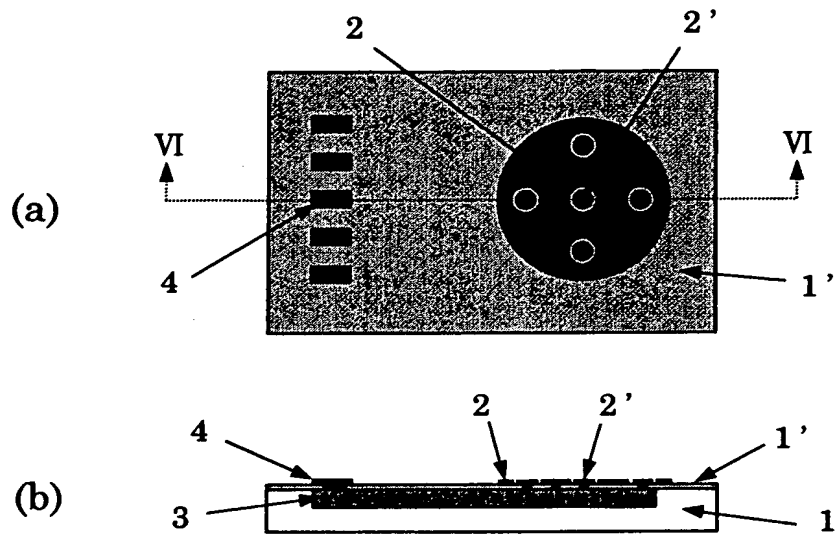
【図4】



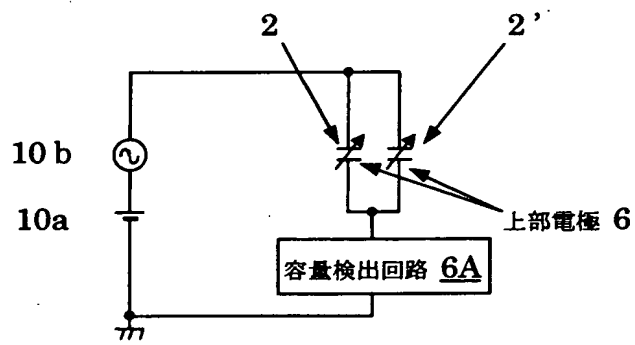
【図 5】



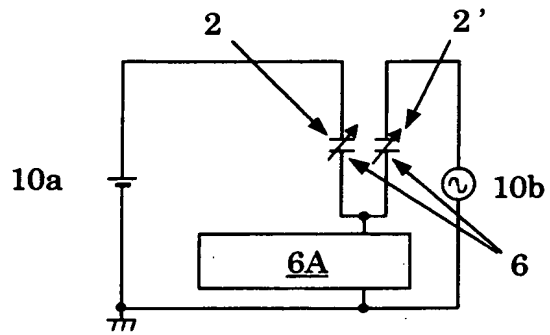
【図 6】



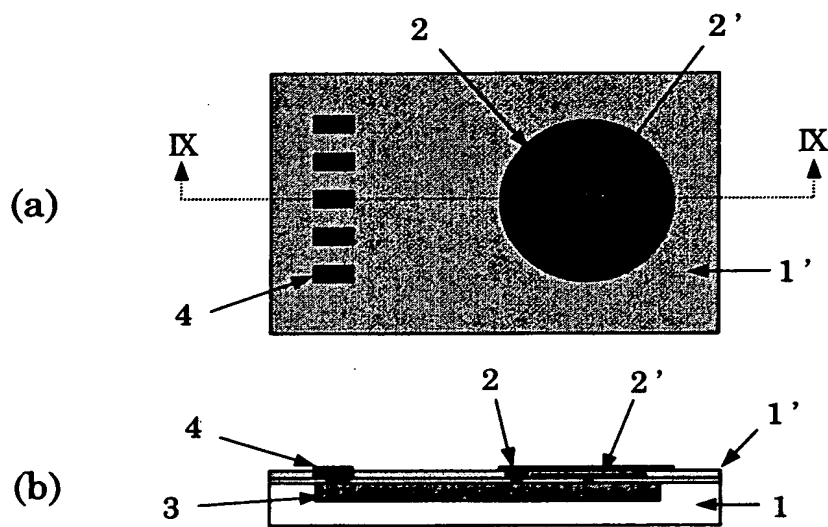
【図 7】



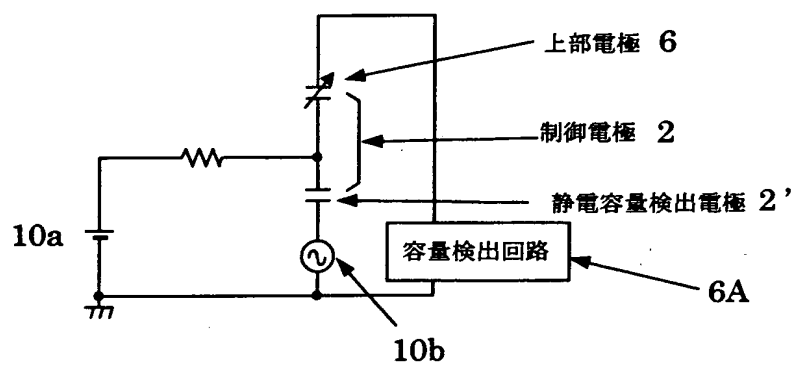
【図 8】



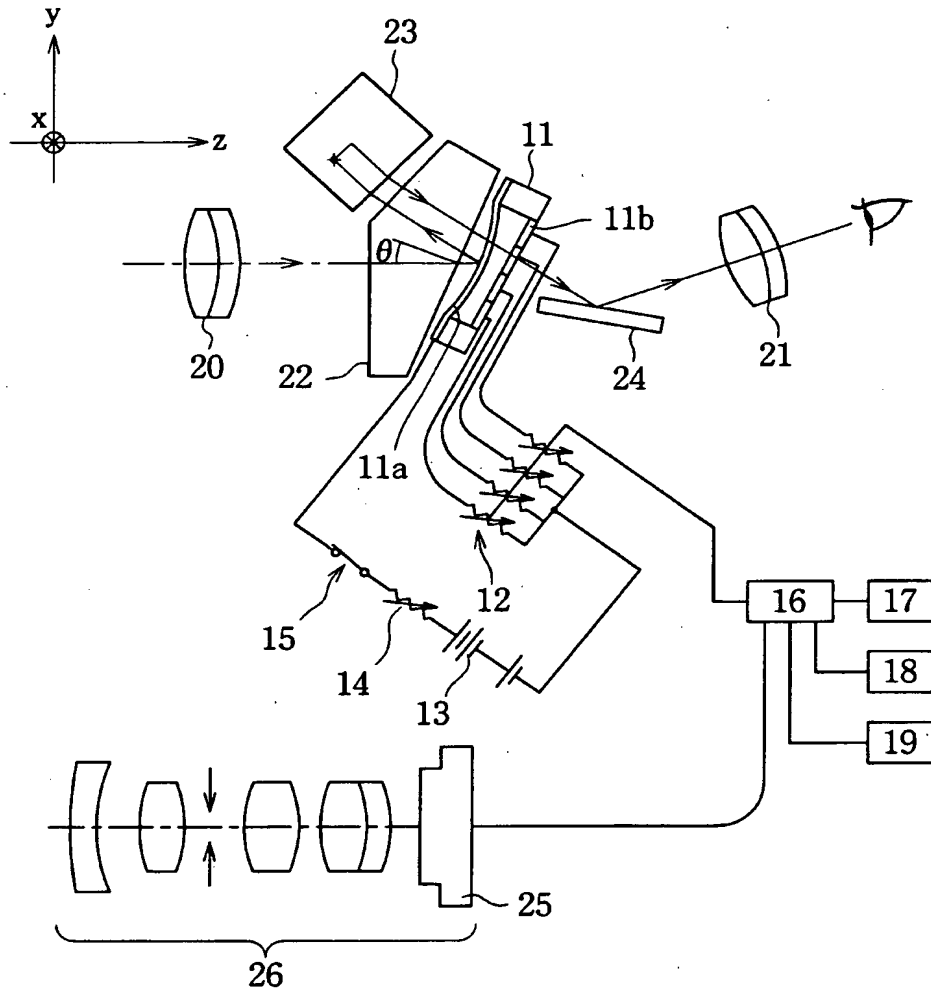
【図 9】



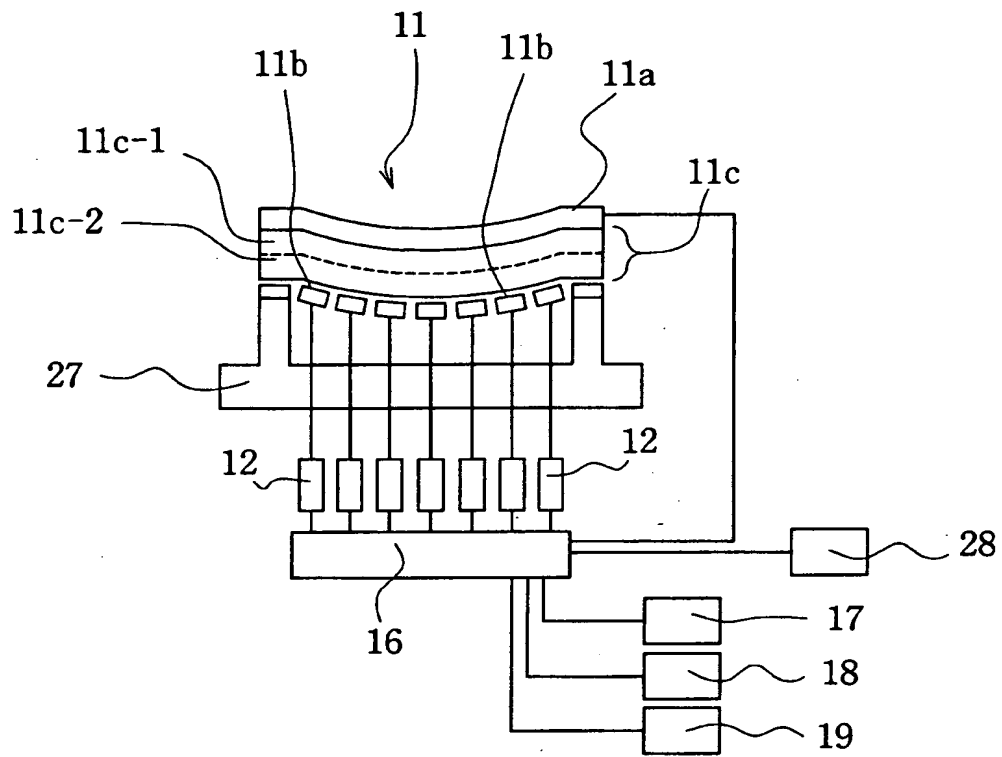
【図 1 0】



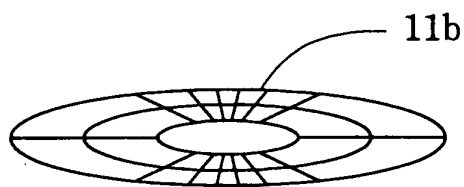
【図 11】



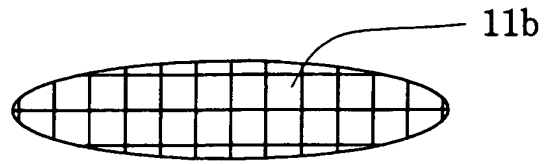
【図 12】



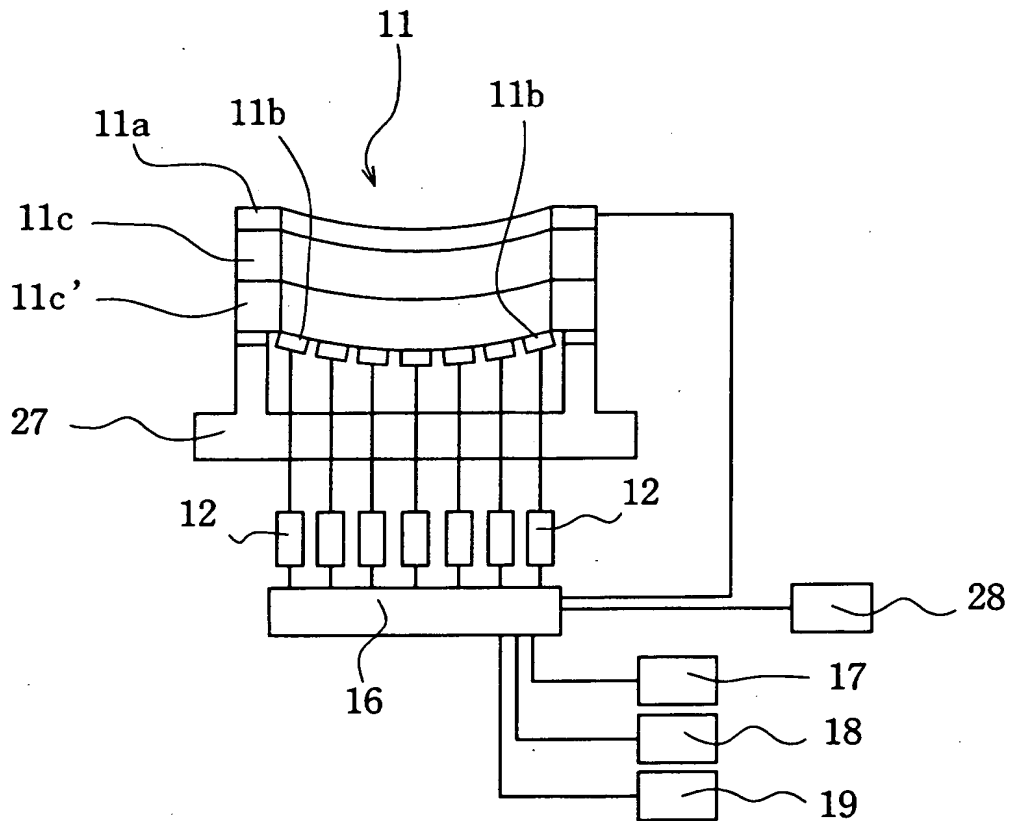
【図 13】



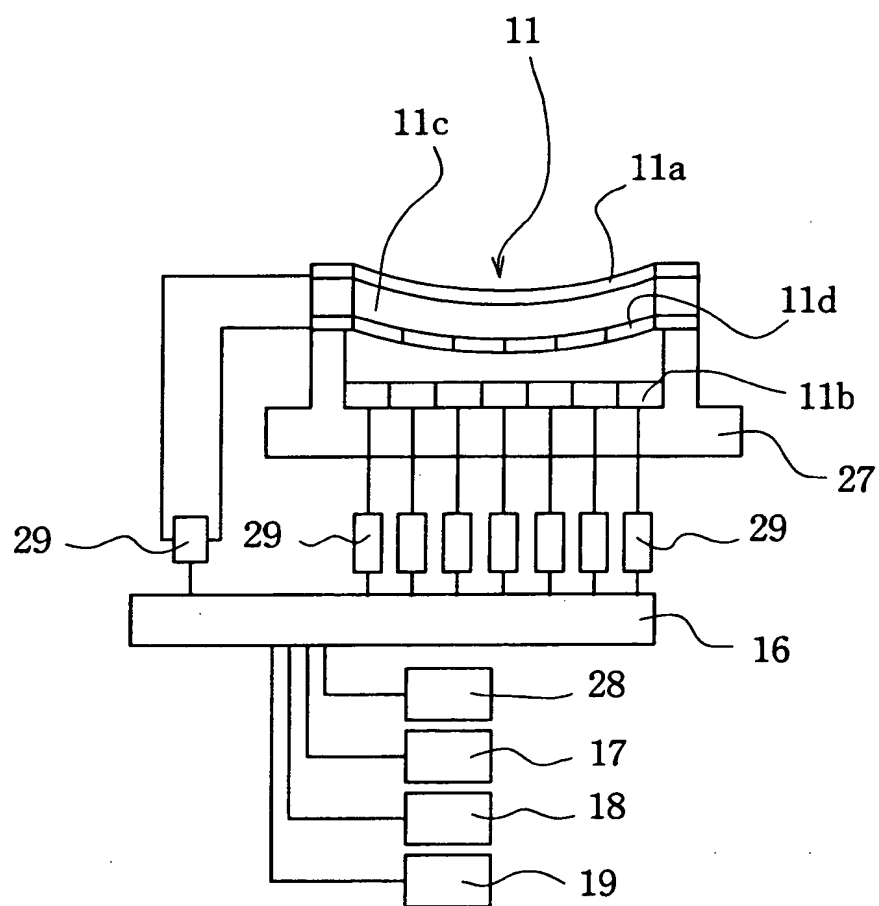
【図 14】



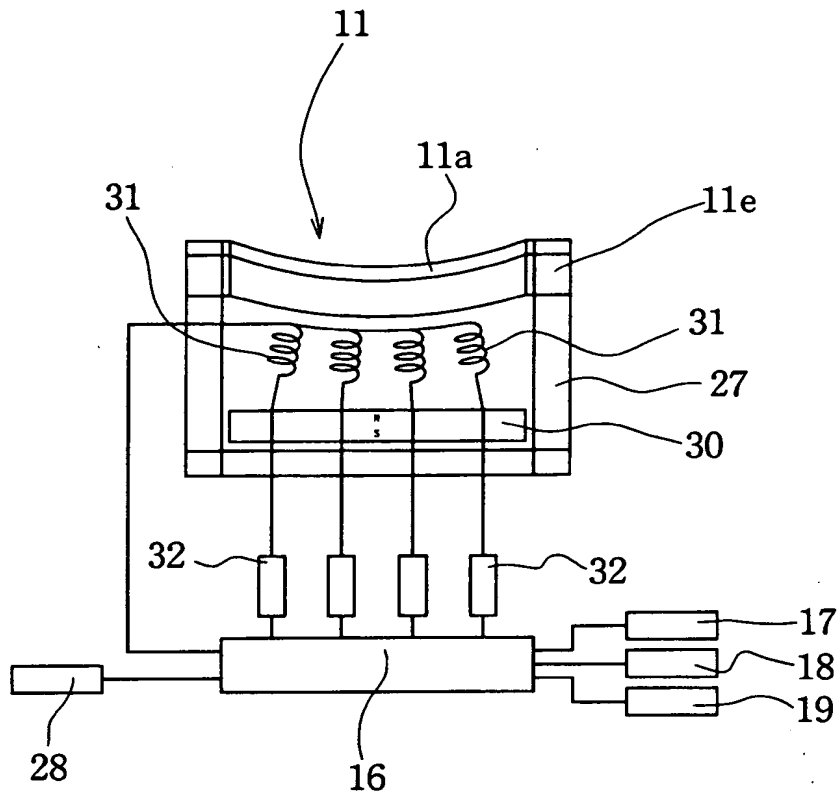
【図 15】



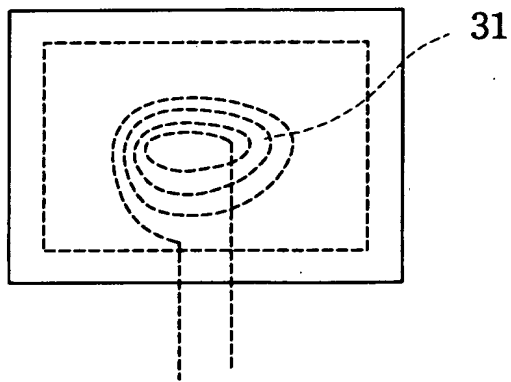
【図 1 6】



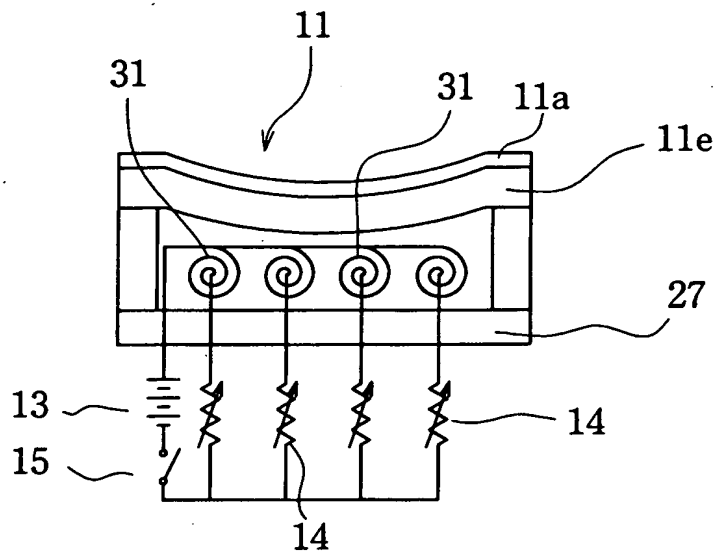
【図 17】



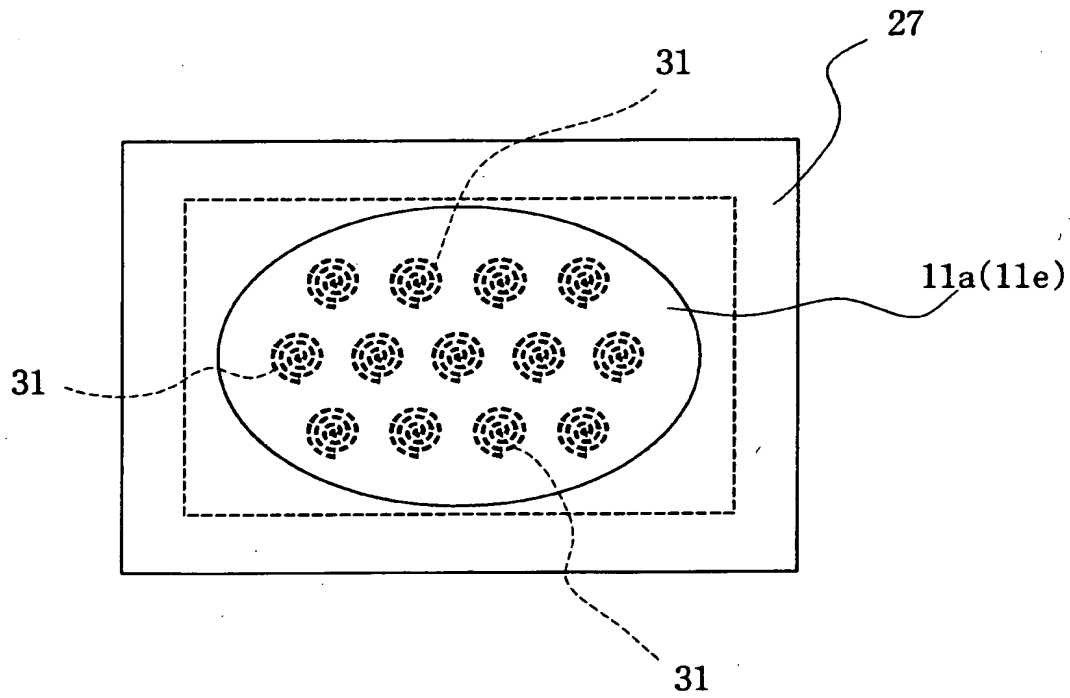
【図 18】



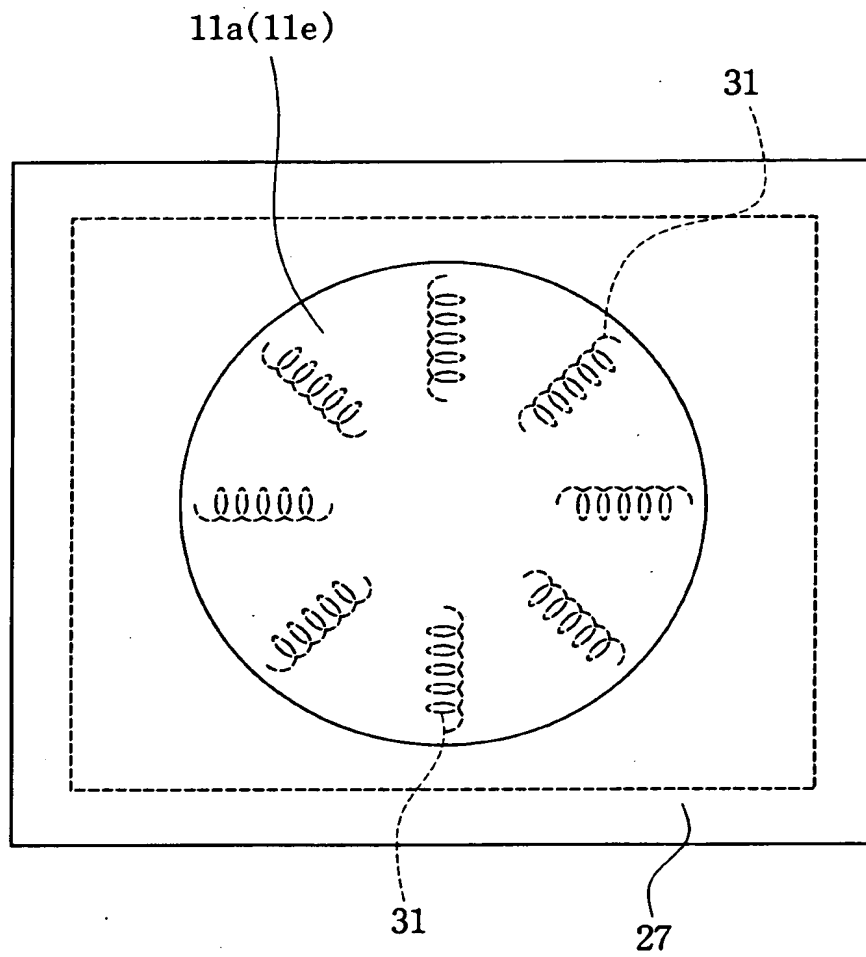
【図 19】



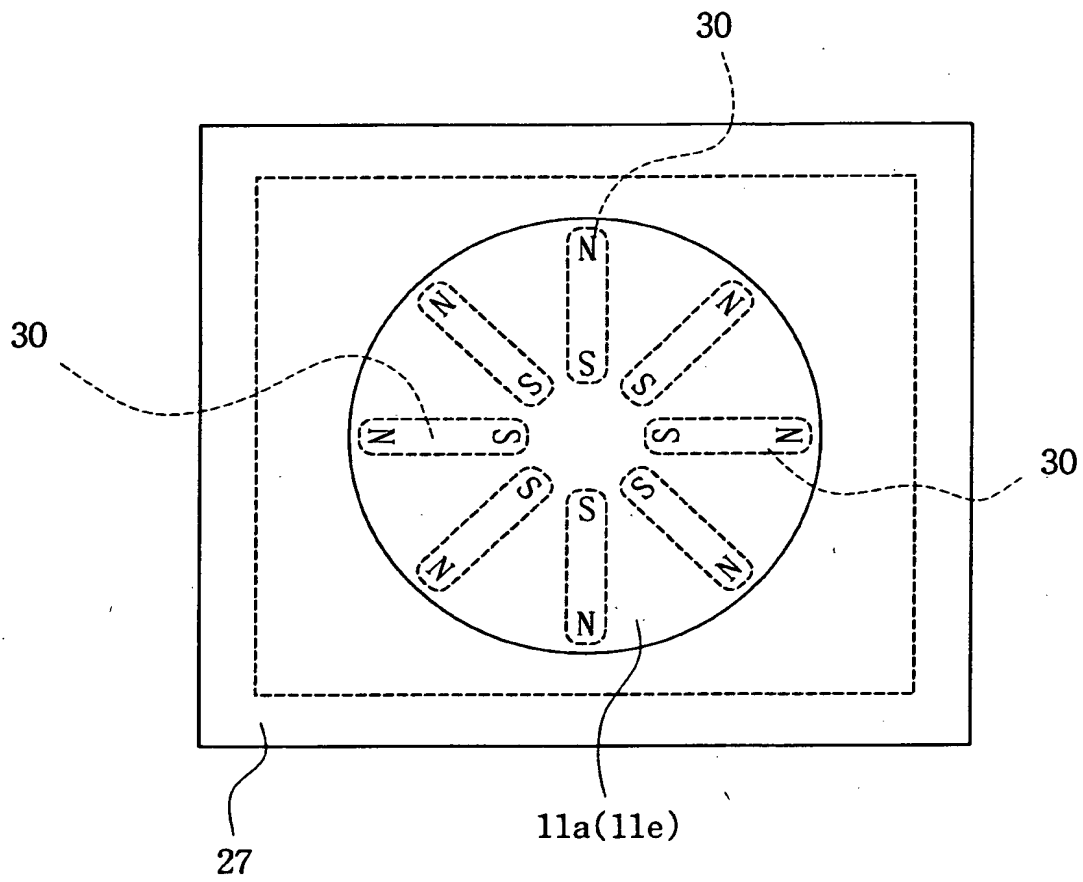
【図 20】



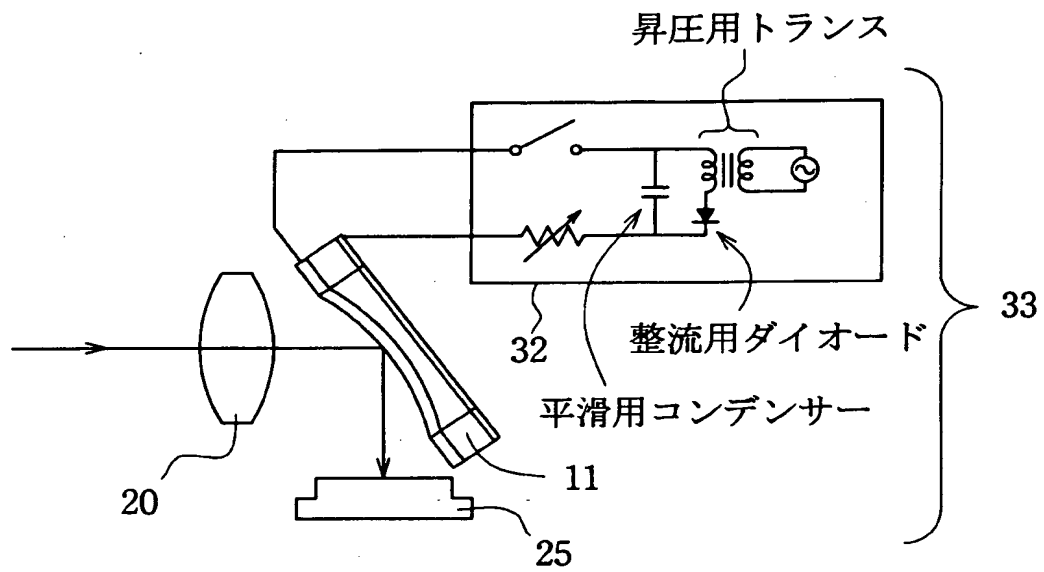
【図 2 1】



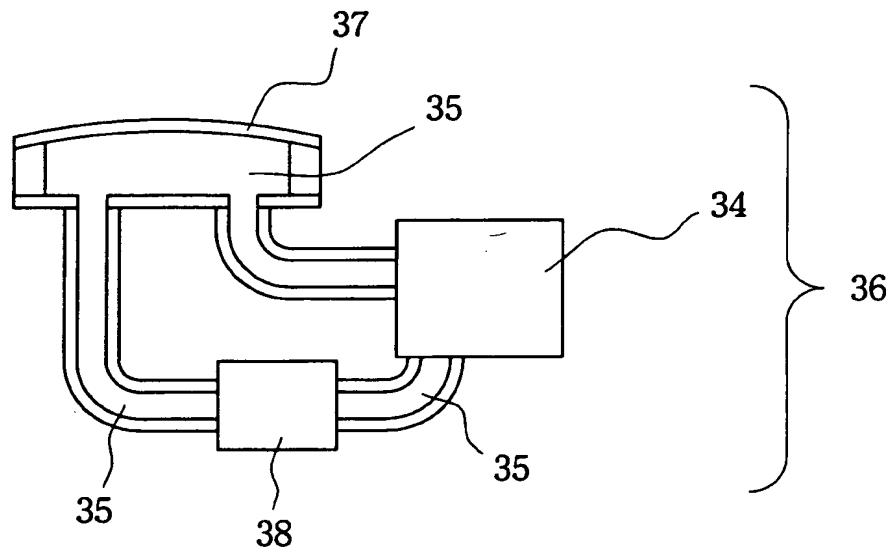
【図 22】



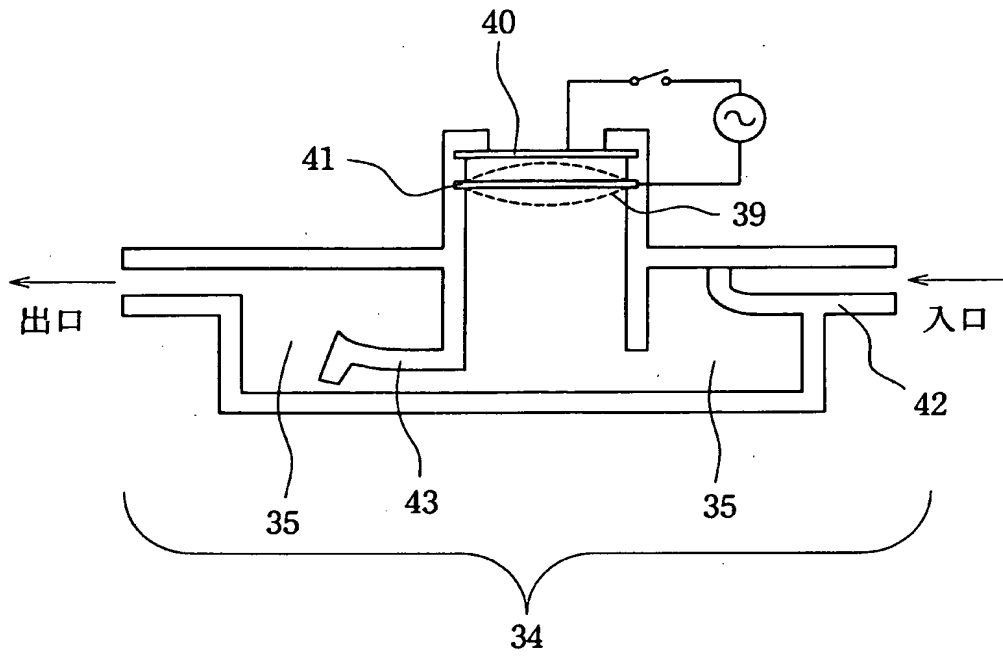
【図 23】



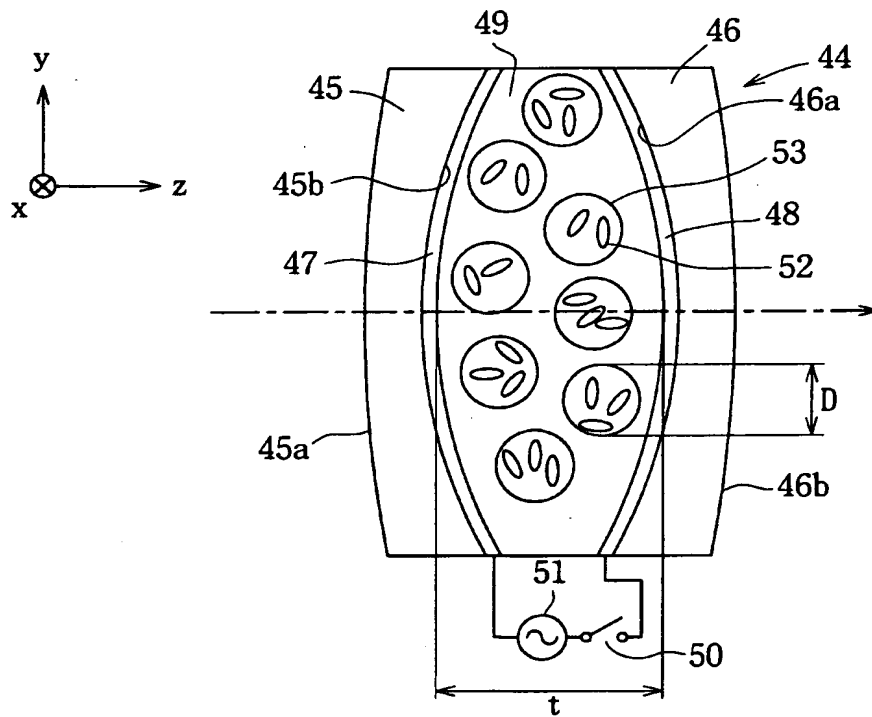
【図 24】



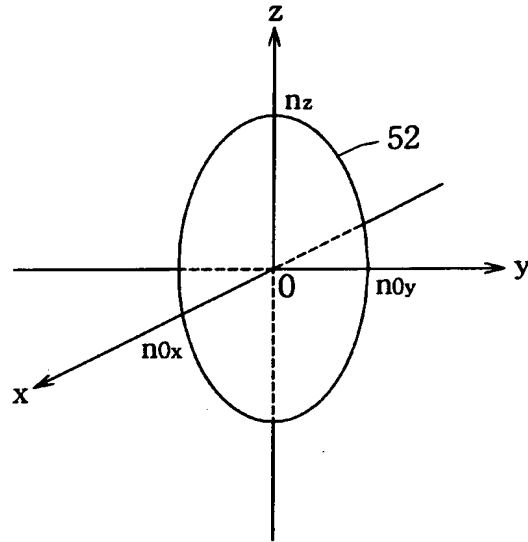
【図 25】



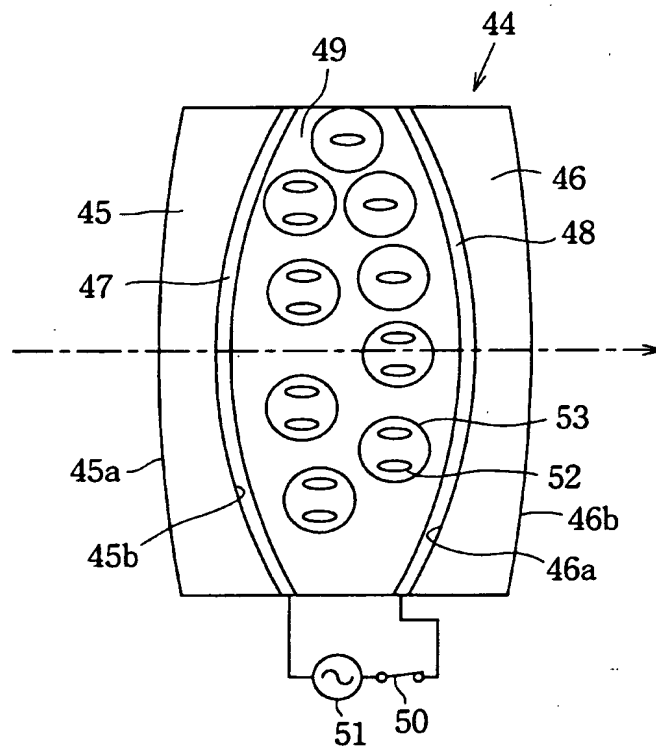
【図 26】



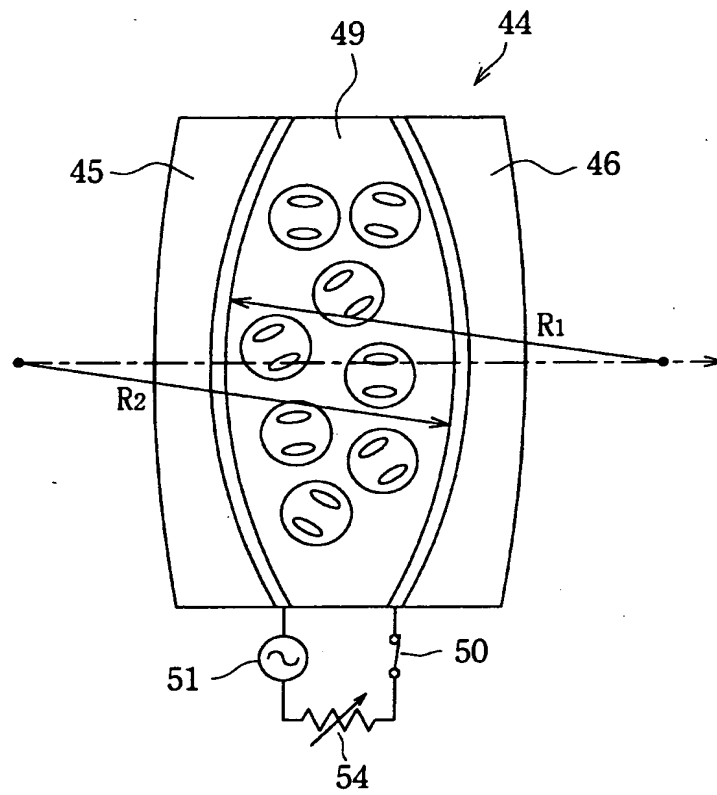
【図 27】



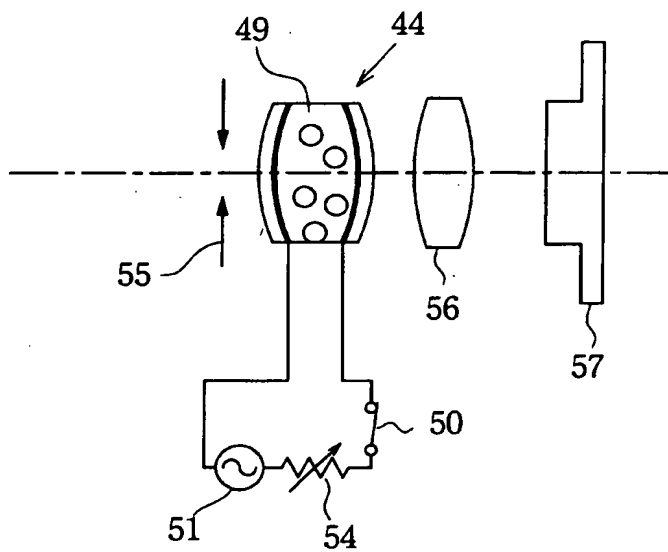
【図 28】



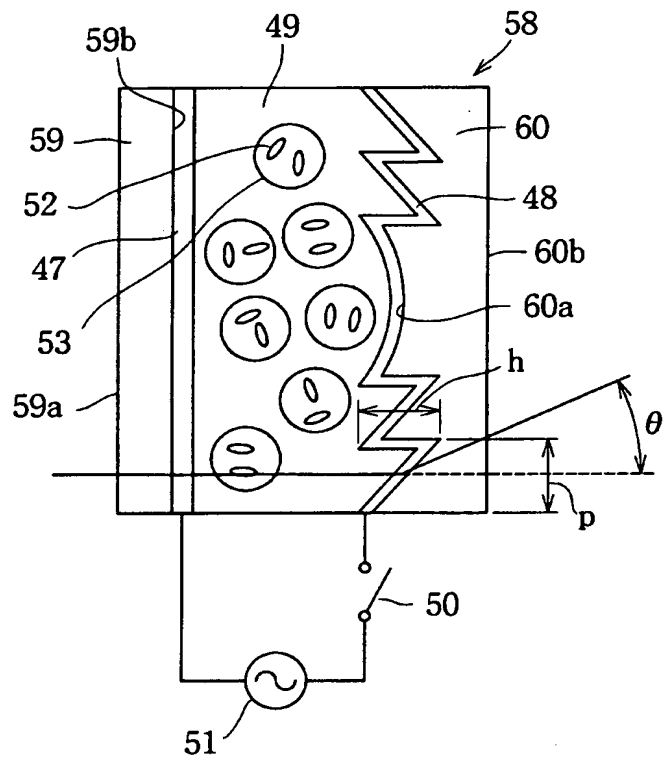
【図 29】



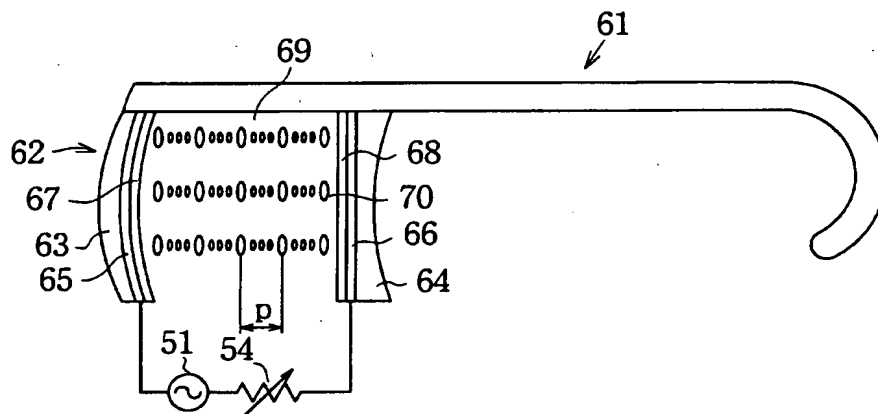
【図 30】



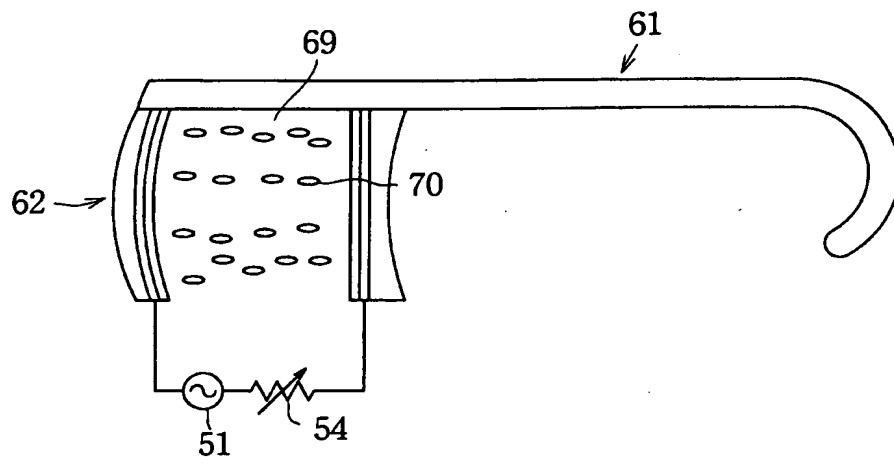
【図 3 1】



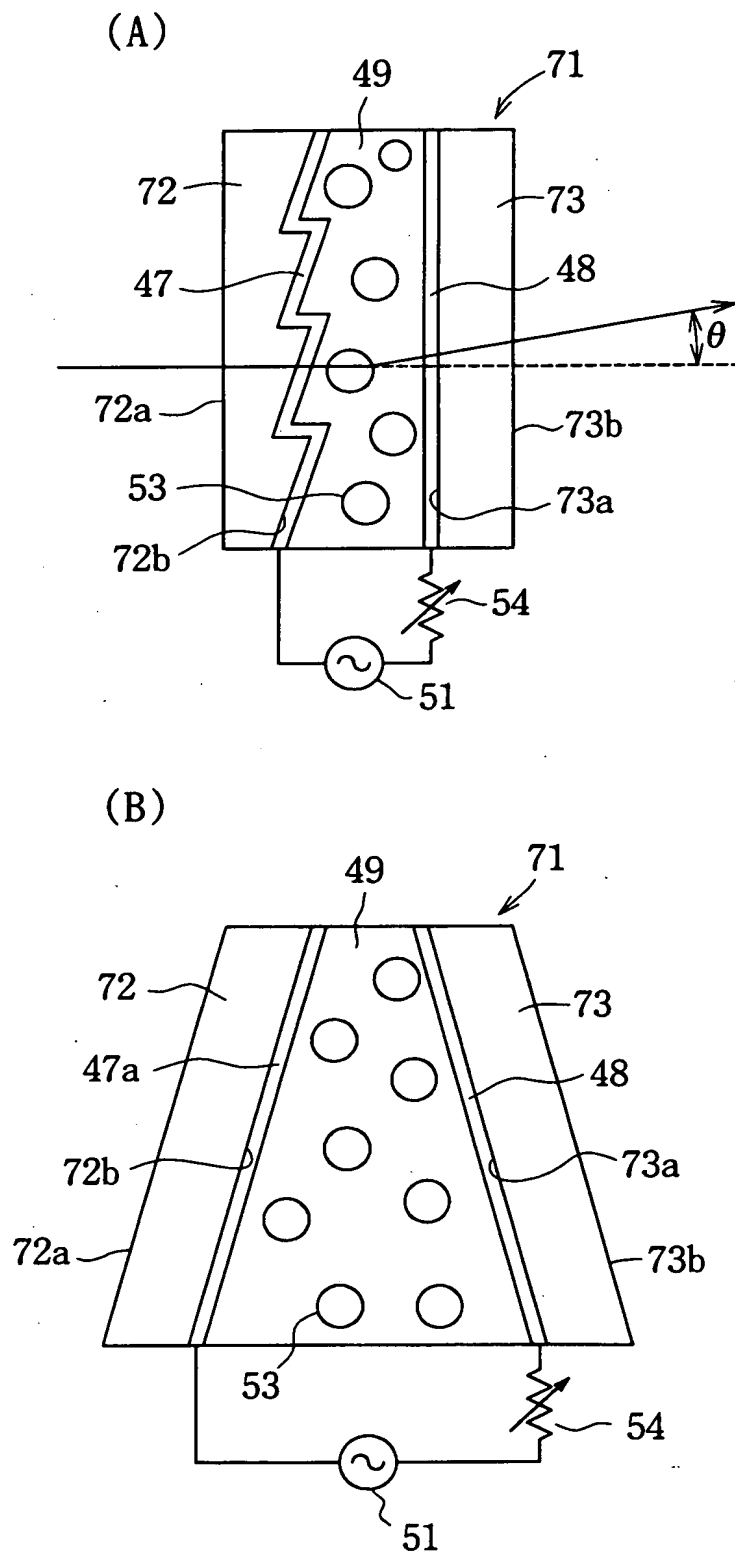
【図 3 2】



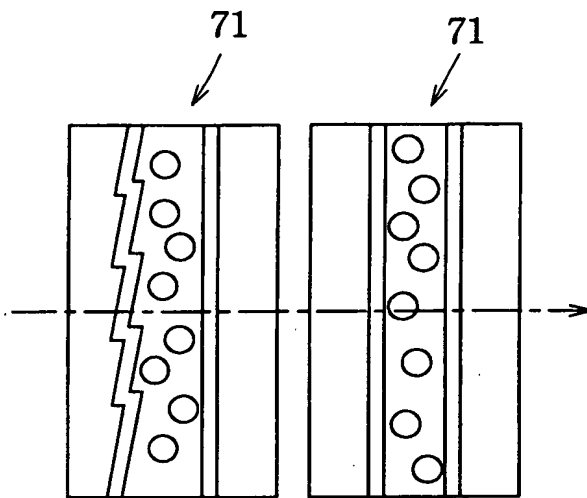
【図 3 3】



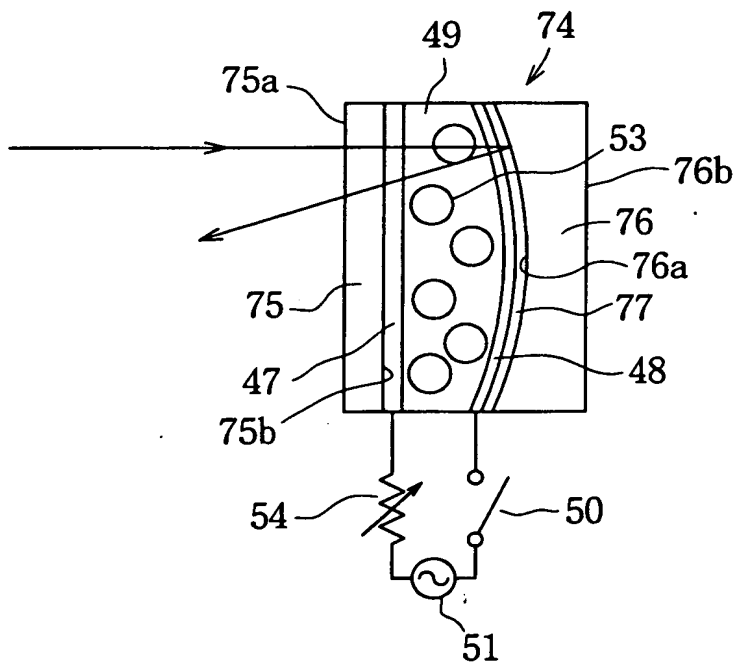
【図 34】



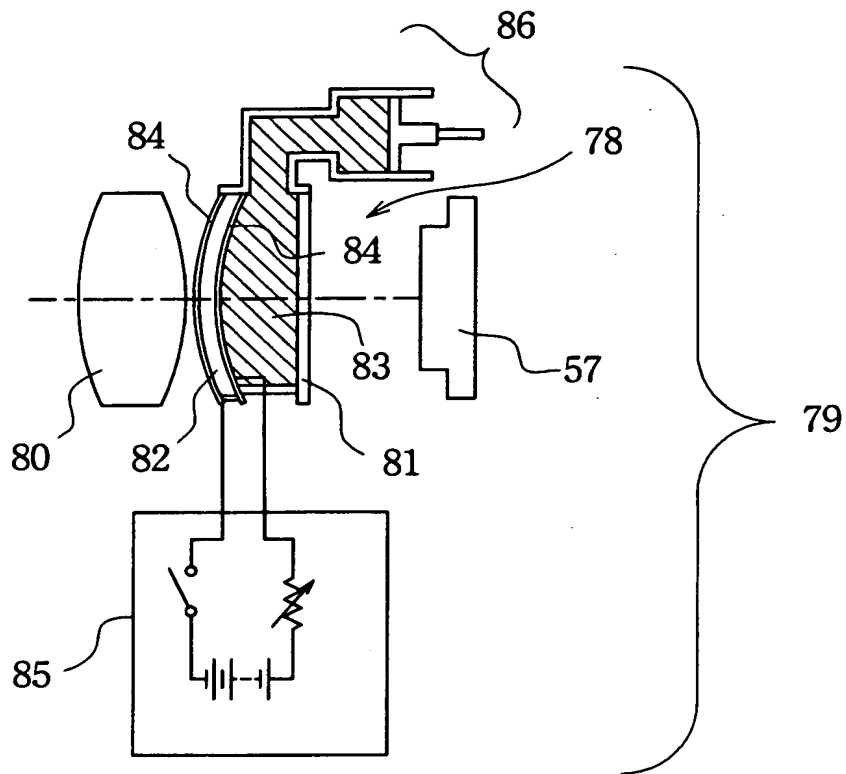
【図 3 5】



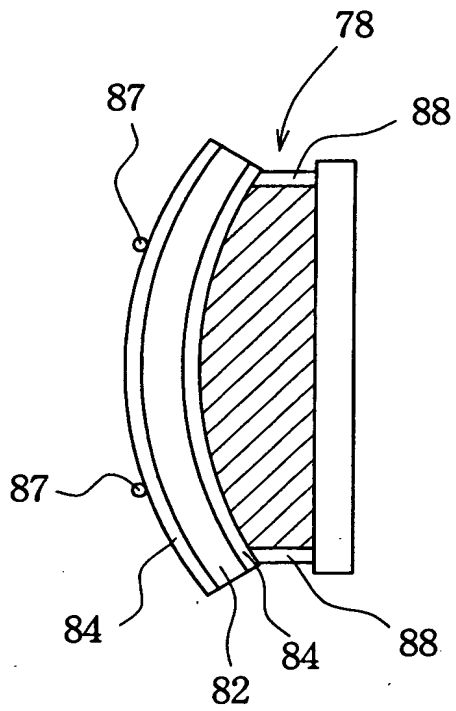
【図 3 6】



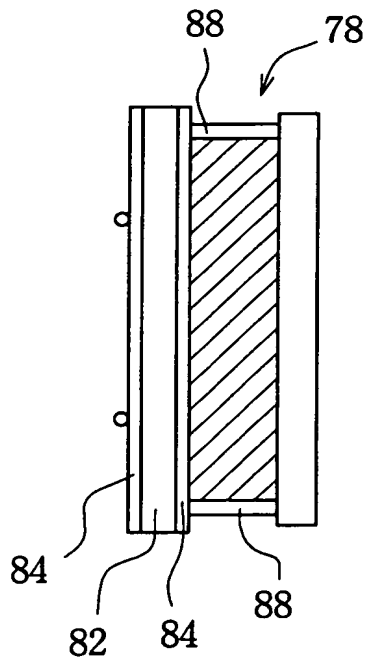
【図 3 7】



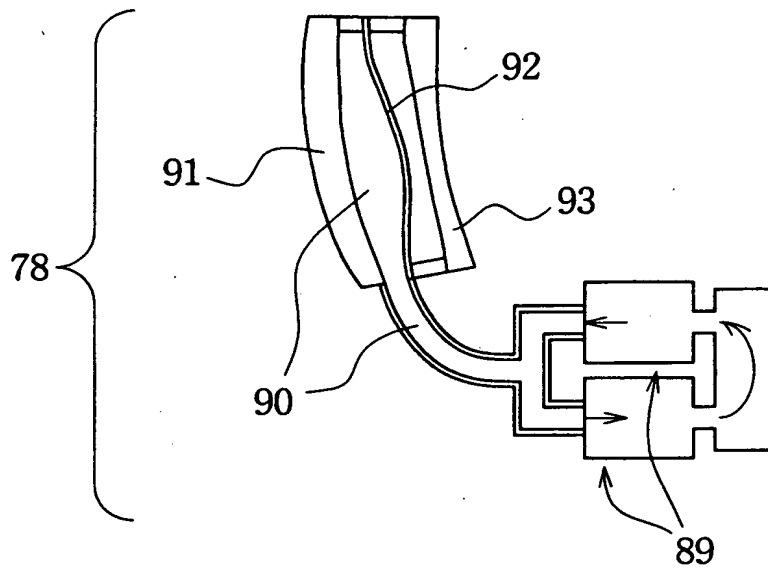
【図 38】



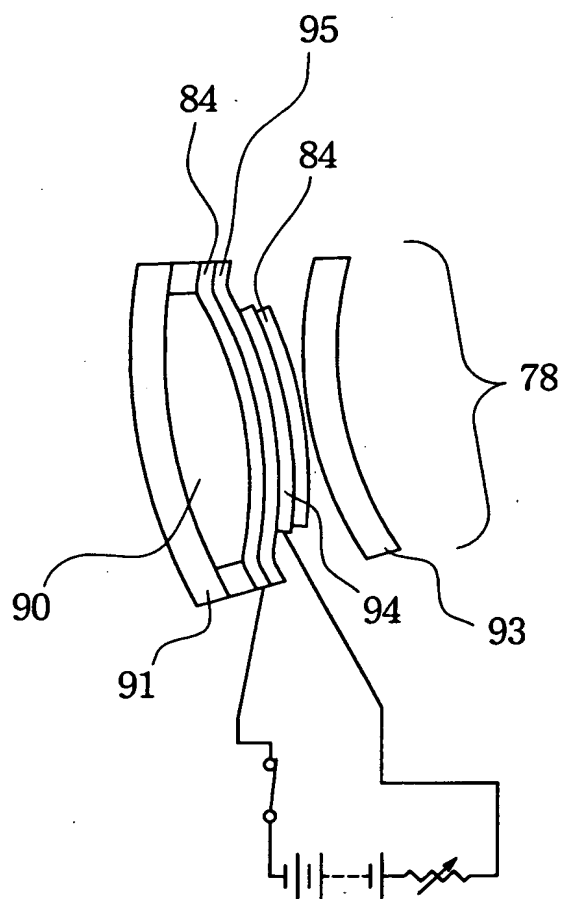
【図 39】



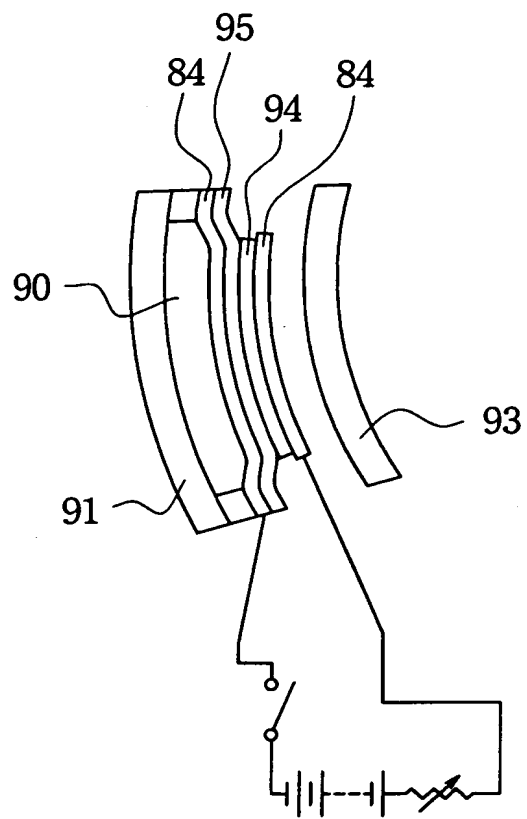
【図 4 0】



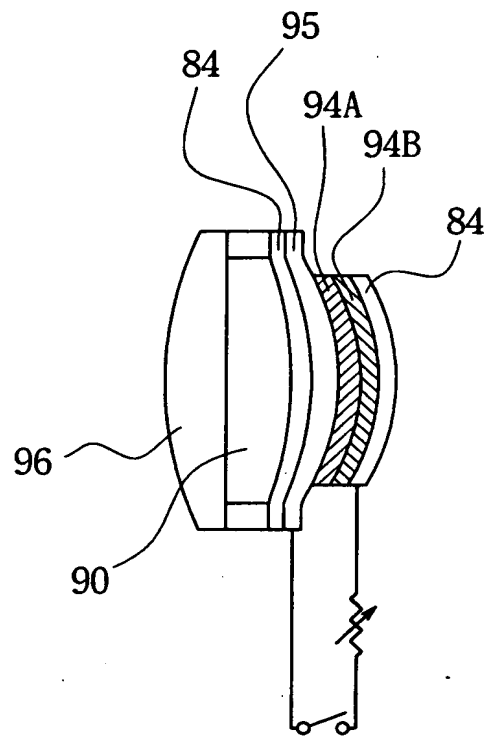
【図 4 1】



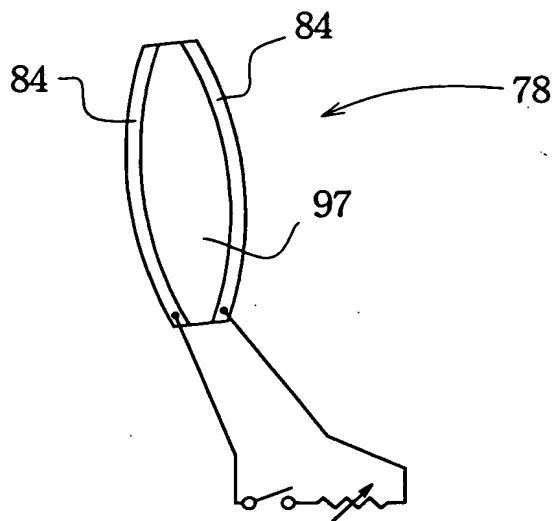
【図 4 2】



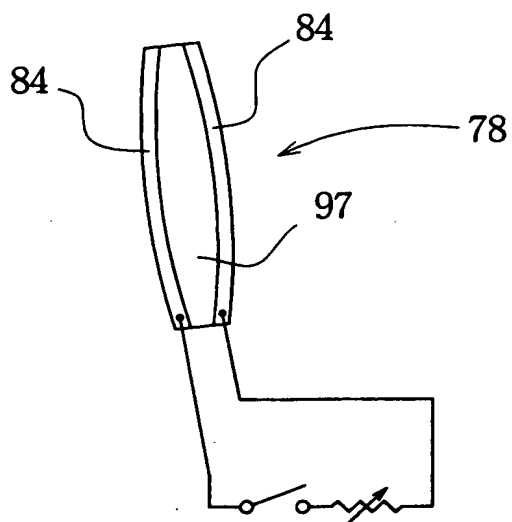
【図 4 3】



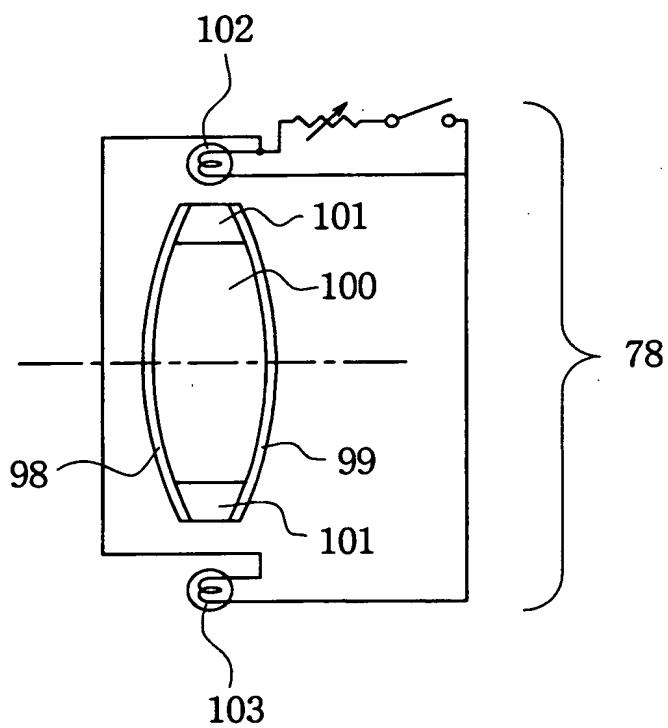
【図 4 4】



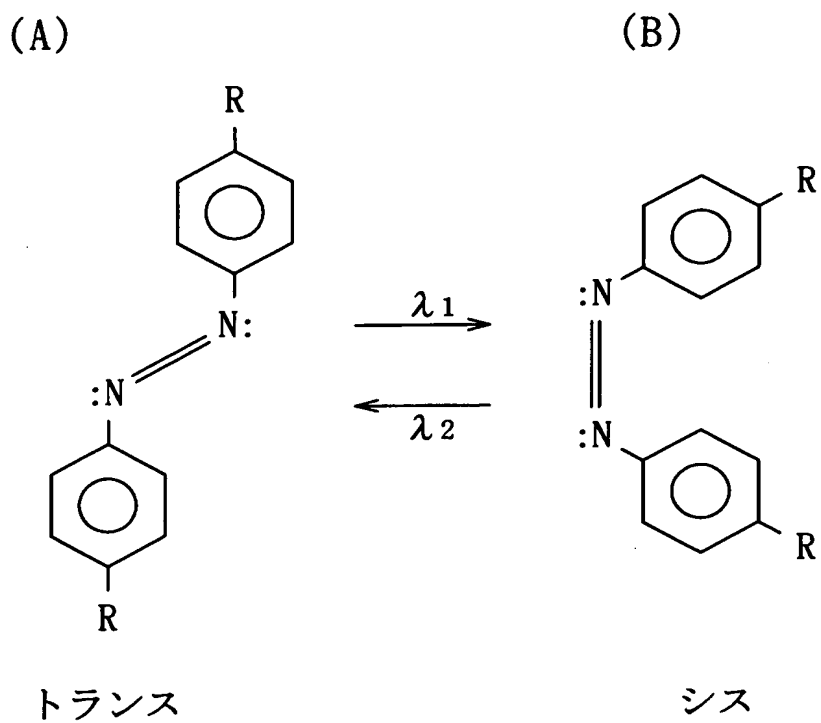
【図 4 5】



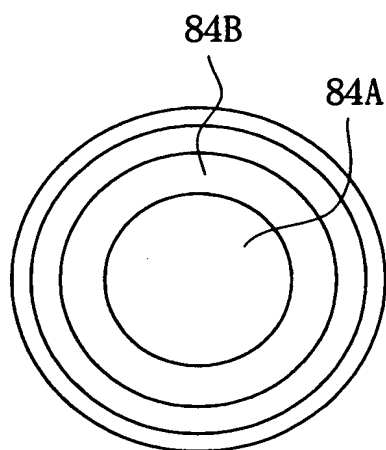
【図 4 6】



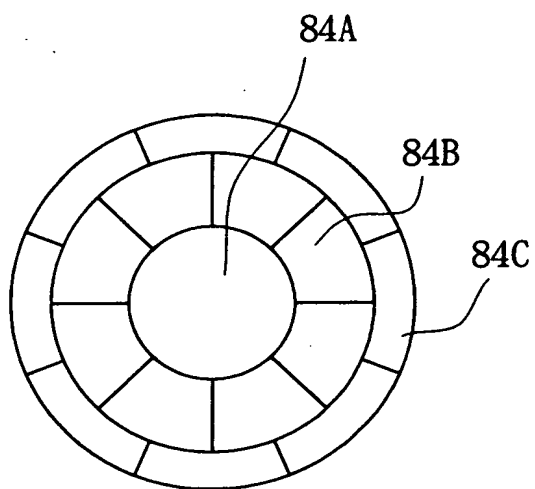
【図 47】



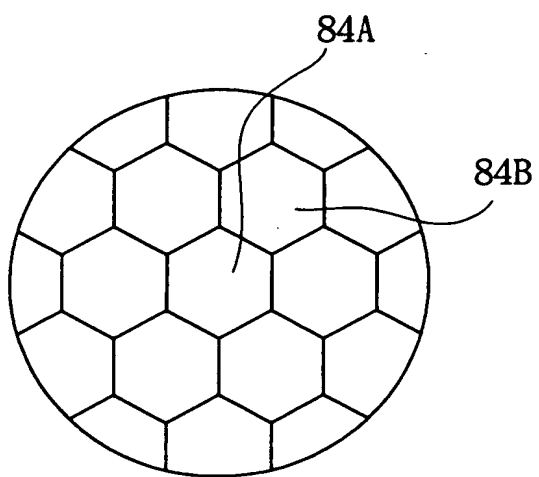
【図 48】



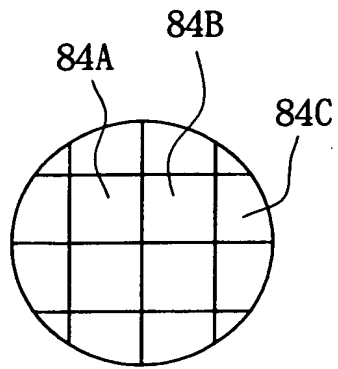
【図 4 9】



【図 5 0】



【図 5 1】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 反射面の形状を高精度に制御することを可能にするため反射面の変位を検出することが可能な可変形状鏡を提供すること。

【解決手段】 静電引力によって変形する反射面と上部電極 6 を有する可撓性薄膜 8 と、該可撓性薄膜 8 に対向して配置された制御電極 2 とを備えた可変形状鏡の、前記上部電極 6 と前記制御電極 2 との間の静電容量を検出して、前記反射面の変位を算出する。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2001-023187
受付番号	50100133568
書類名	特許願
担当官	大畑 智昭 7392
作成日	平成13年 2月 2日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】	000000376
【住所又は居所】	東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
【氏名又は名称】	オリンパス光学工業株式会社

【代理人】

申請人

【識別番号】	100065824
【住所又は居所】	東京都千代田区九段南3丁目7番14号 千代田 Kビル2階
【氏名又は名称】	篠原 泰司

【選任した代理人】

【識別番号】	100104983
【住所又は居所】	東京都千代田区九段南3丁目7番14号 千代田 Kビル2階
【氏名又は名称】	藤中 雅之

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000000376]

1. 変更年月日 1990年 8月20日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
氏 名 オリンパス光学工業株式会社